Treball de Fi de Màster

Màster en Logística, Transport y Mobilitat

Modelo de Gestión del Inventario de Piezas de Recambio

MEMÒRIA

Autor: Raúl Arturo Espinosa Rátiva

Director: Anna Maria Coves Moreno

Convocatòria: Noviembre 2013

ETSEIB

Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona

UPC

TABLA DE CONTENIDOS

ANEXOS

FIGURAS

TABLAS

1. INTRODUCCIÓN

Gunnebo AB en su estrategia de expansión mundial tiene la necesidad de generar sinergia entre las unidades de negocio presentes en más de 25 países. Un enfoque estratégico involucra el incremento de venta de servicios de mantenimiento y resolución de incidencias. Esta nueva estrategia requirió la creación de una cadena de suministro de piezas de recambio rápida, eficiente y global, la cual implicó la implementación de un almacén central y una política de gestión del stock de piezas de recambio, en dicho marco se engloba el presente trabajo.

La creación de un almacén central, reduce el stock a lo largo de la cadena de aprovisionamiento, incrementa el nivel de servicio, reduce el lead time e incrementa el volumen de órdenes de transporte, como se ha podido comprobar a lo largo de este documento.

El desempeño del servicio postventa de una organización del sector terciario, está ligado directamente a la gestión de la cadena de aprovisionamiento tanto del producto final como de las piezas de recambio, por lo que es mandatorio alinear la estrategia de Mercadeo/Ventas con el área de Servicio Postventa y Soporte y Operaciones.

El presente proyecto se realizó en la ciudad de Barcelona (España), para el almacén central en Zwijndrecht (Países Bajos) y Diemen (Países Bajos). El autor trabajó de becario y posteriormente se vinculó laboralmente a Gunnebo AB con el cargo de Planificador de la Demanda de Piezas de Recambio.

1.1. Problemática

Los servicios contratados por los clientes con la adquisición de los equipos y los servicios postventa de emergencia y mantenimiento, son realizados por técnicos especializados vinculados a la empresa Gunnebo AB. La empresa ha detectado que para incrementar su eficacia en la resolución de incidencias de servicios, los técnicos deben disponer de las piezas de recambio adecuadas para dar trámite al mismo. Cada unidad de negocio realiza la planificación del inventario de piezas de recambio, actualmente en muchas de ellas la resolución de incidencias y la calidad de los servicios de mantenimiento y postventa son muy deficientes, generando insatisfacción en los clientes, incumplimiento de los contratos de servicio y poca efectividad en el uso de recursos valiosos y escasos, como lo son los técnicos.

De igual manera se crea sobre stock y/o rupturas en la cadena de aprovisionamiento de piezas de recambio.

1.2. Objetivos

- Diseñar y desarrollar una herramienta de soporte a la decisión (*DSS-Decision Support System*) para el cálculo del stock de piezas de recambio a mantener en el nuevo almacén central de la empresa Gunnebo AB. Esta herramienta de soporte consta de dos versiones; la primera realiza previsiones de stock simple y la segunda, incluye proyección de la demanda, costes de almacenamiento, de lanzamiento y cálculo del lote óptimo de compra.

- Implementar esta herramienta de soporte en otros ámbitos geográficos, en empresas del grupo Gunnebo AB, para el cálculo de stock de piezas de recambio.

- Garantizar desde el almacén central de piezas de recambio un nivel de servicio del 75% y un plazo de entrega (Lead Time) a los clientes de máximo cinco días en la fase de validación (proyecto piloto) y un nivel de servicio del 85% y un plazo de entrega (Lead Time) a los clientes de máximo tres días, una vez superada la fase de validación.

1.3. Metodología

Al tratarse de un proceso nuevo en Gunnebo AB, la centralización de las piezas de recambio se realiza en dos fases.

En la fase de validación (proyecto piloto), se crea el catálogo de piezas de recambio, capitulo 4.1 página 16, se diseña e implementa la herramienta de soporte para el cálculo de stock "Tool V1", capitulo 4.2 página 18. Se decide la ubicación y el operador logístico del almacén central y se inician transacciones tanto con proveedores como con clientes.

Al superarse exitosamente la fase de validación, se inicia la segunda fase correspondiente a la implementación y aseguramiento del nuevo nivel de servicio requerido. Se generan acciones de mejora, como el diseño de la segunda versión de la herramienta de soporte "Tool V2",

capitulo 4.2 página 26 y demás actividades que propenden para la estabilización de los nuevos procesos de la cadena de aprovisionamiento de piezas de recambio.

La herramienta de cálculo de stock “Tool V1” se programa en Microsoft Excel, usando fuentes de información internas de la organización y en segunda instancia referencias bibliográficas.

1.4. Alcance

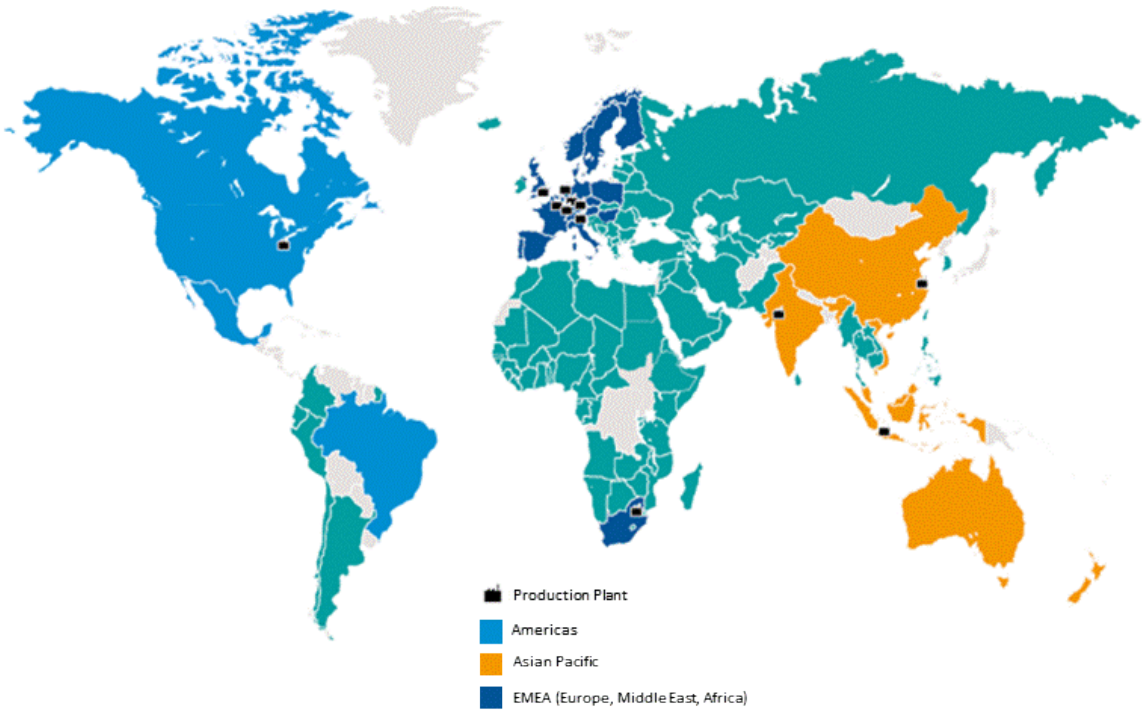
El presente proyecto contempla el diseño, gestión de la implementación y seguimiento de una herramienta (Microsoft Excel) de soporte a la decisión en el SSC (Spare Service Center), cuyo objetivo es establecer un almacén central de piezas de recambio para las marcas SafePay™ y SafeStore Auto™ pertenecientes al grupo Gunnebo AB. No se contempla la gestión del almacén ni su decisión de ser subcontratado o no.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En 1764 se fundó Gunnebo Engineering ubicada en la pequeña ciudad costera de Gunnebo, Suecia. En sus inicios se dedicó a la producción de clavos y cadenas para la industria naval. En 1995 HIDEF, empresa especializada en la fabricación de cajas fuertes y bóvedas, compró a Gunnebo Engineering, formando el conglomerado Gunnebo AB y adoptando una estrategia enfocada a la Seguridad. Entre este año y el 2005 se realizaron alrededor de 40 adquisiciones de empresas relacionadas al sector de la Seguridad. Se inicia un plan de reestructuración empresarial para crear un grupo de Seguridad integrada, generando penetración en nuevos mercados y creando mayor rentabilidad en los actuales. En el 2006 Gunnebo AB ya cuenta con la infraestructura para ofrecer soluciones de seguridad completas a clientes dentro y fuera de Europa. Actualmente el grupo tiene presencia directa en más de 25 países y a través de agentes y distribuidores en más de 100. En el año 2012 el grupo facturó por concepto de ventas netas alrededor de 626 millones de Euros.

En la figura 2.1 se puede observar la distribución geográfica de Gunnebo AB a nivel mundial.

Figura 2.1. Mapa Global Gunnebo AB

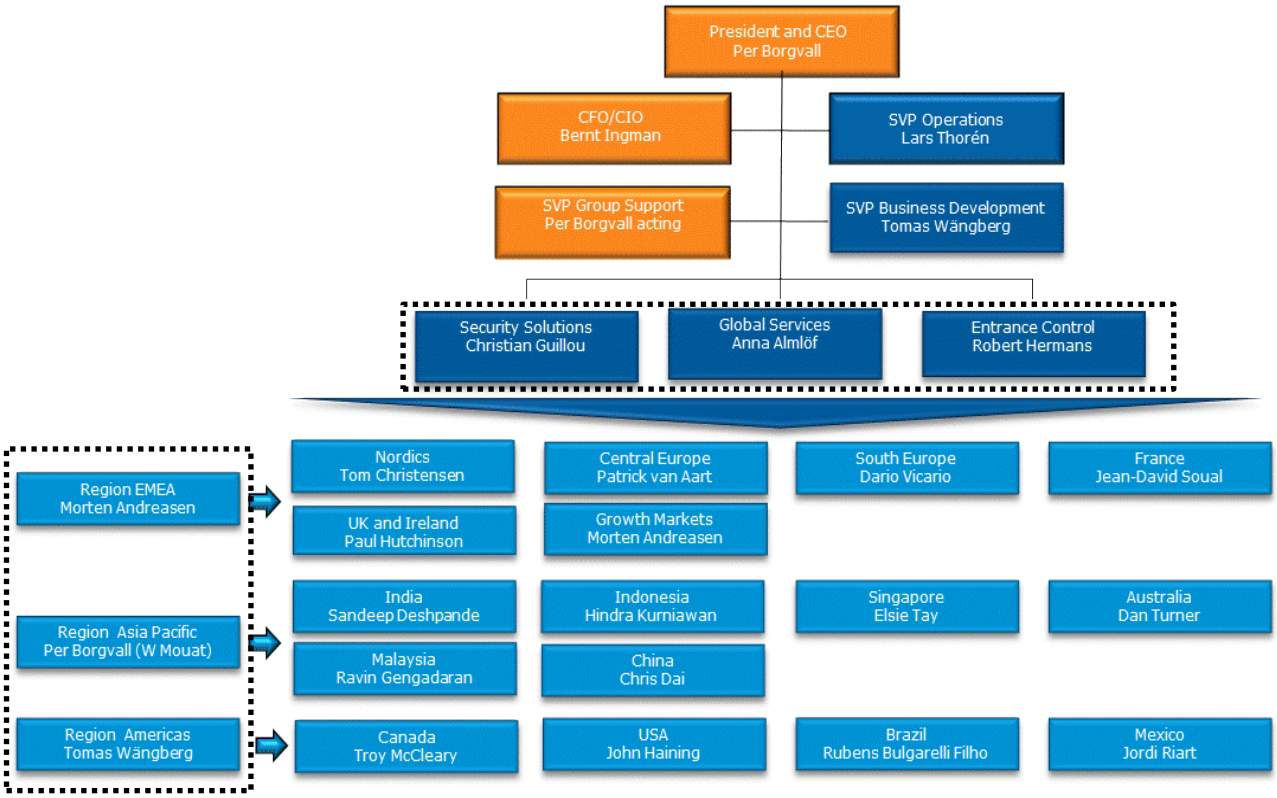


Fuente: Gunnebo AB Annual report 2012

2.1. Modelo de Negocio

La figura 2.2 es el organigrama empresarial de Gunnebo AB. Para destacar, en el recuadro central se encuentran las Business Areas y en el recuadro lateral el Sales Dpt. Se conservan las denominaciones del organigrama en inglés.

Figura 2.2. Organigrama



Fuente: Gunnebo AB Annual Report 2012

2.1.1. Operations

Es el área responsable del abastecimiento de productos, tanto si son fabricados por el grupo o no. Dirige las operaciones de trabajo relacionadas con el medio ambiente, logística y calidad.

2.1.2. Sales Dpt.

Este dpto. se responsabiliza de las ventas, el marketing y la ejecución de las estrategias de marca diseñadas por las Áreas de Negocios adaptadas según cada mercado. Los mercados se distribuyen en EMEA (Europa, Medio Oriente y África), Región América (Canadá, Estados

Unidos, México y América del Sur) y Región Asia Pacifica (Australia, Nueva Zelanda, China, India, Indonesia y Singapur).

2.1.3. Business Areas

Las tres áreas (Security Solutions, Entrance Control y Global Services) son las responsables del desarrollo global de estrategias y planes de negocios relacionados con sus campos de experiencia. Gunnebo es la principal marca usada en productos de seguridad, sistemas y servicios ofrecidos por el grupo Gunnebo AB.

2.1.3.1. Security Solutions

Esta área de negocios se compone de dos líneas de negocio, Seguridad bancaria y Manejo de efectivo y Almacenamiento seguro, que se explicarán a continuación.

2.1.3.1.1. Bank security and Cash handling

El mercado europeo de seguridad bancaria y el manejo de efectivo se estima en algo menos de 3.000 millones de euros. Históricamente, este mercado ha crecido un 5% al año. A nivel mundial, el mercado se estima en un valor un poco menos de 9.000 millones de euros.

En esta área se incluyen todos los actores del ciclo global del manejo de efectivo: bancos centrales, bancos, minoristas y las empresas de trasporte de dinero (siglas CIT por su significado en ingles Cashin-Transit Companies). La oferta de esta área es global y adaptada a las condiciones de mercado de cada uno de los países donde el grupo está presente. Las marcas más representativas son SafePay™ especialista en el área de manejo integrado y cerrado de efectivo y SafeStore Auto™ quien brinda soluciones automatizadas de casilleros bancarios. El manejo piezas de recambio para estas marcas será analizado en el presente trabajo. La figura 2.3 es una máquina de SafePay.

Figura 2.3. SafePay

Fuente: Gunnebo AB

2.1.3.1.2. Physical Security

Así mismo ofrece soluciones para almacenamiento seguro, como cajas fuertes de diferentes grados de seguridad. Gunnebo AB estima que el mercado mundial de cajas fuertes y bóvedas certificadas tiene un valor aproximado de 1.500 millones de euros al año. El crecimiento estimado en el mercado de las cajas fuertes certificadas varía enormemente en todo el mundo: el crecimiento en Europa se estima en sólo unos pocos puntos porcentuales, mientras que en los mercados de la India, Indonesia y China se esperan crecimientos de dos dígitos.

Gracias a sus tres marcas mejor posesionadas, Chubbsafes, Fichet-Bauche y Rosengrens, Gunnebo AB estima que su cuota de mercado mundial en cajas fuertes certificadas, bóvedas y puertas de bóvedas se ubica en un 15% a nivel mundial y más del 25% en Europa. La figura 2.4 es una caja fuerte certificada producida por el grupo Gunnebo AB.

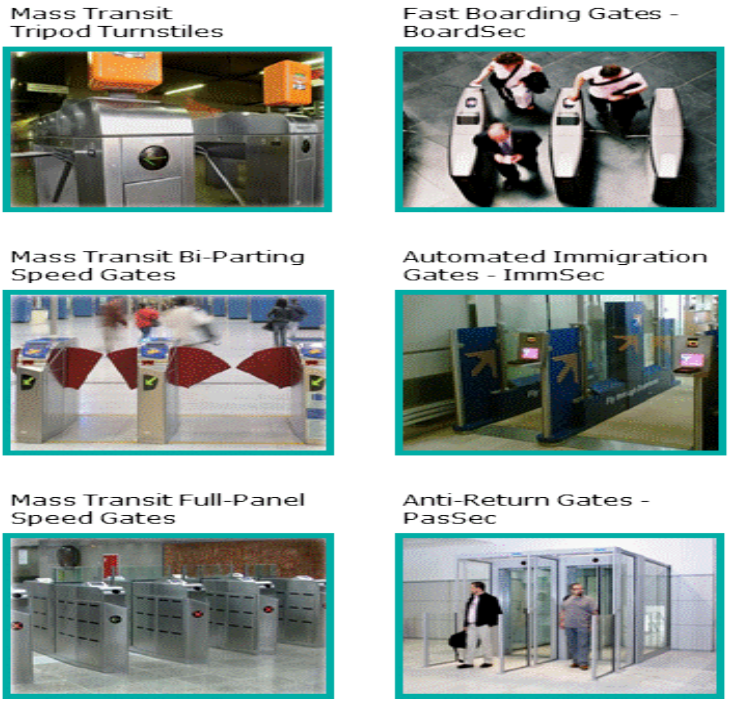
Figura 2.4. ChubbSafe ProGuard DT

Fuente: Gunnebo AB

2.1.3.2. Entrance Control

En la figura 2.5 se identifican las líneas de negocios de Entrance Control, responsable de los artículos relacionados con el control de accesos. El mercado mundial de control de accesos se estima en 500 millones de euros. El crecimiento es mayor en los países del BRIC (Brasil, Rusia, India y China), con aproximadamente un 17% de crecimiento anual. En Europa, Oriente Medio y África se estima entre 4-5%.

Figura 2.5. Entrance Control



Fuente: Gunnebo AB

Gunnebo AB estima que su cuota de mercado global es del 11% y es el mayor proveedor de control de entradas en Europa, Oriente Medio y Asia, y el segundo más grande a nivel mundial. Sus marcas más representativas son Alltech y Gateway.

2.1.3.3. Business Area Global Services *(BAGS)*

Ofrece servicios relacionados con las dos áreas de negocio y apoyo al grupo Gunnebo AB. Sus oficinas están localizadas en Barcelona, España.

Este mercado cuenta con un gran número de instaladores locales y empresas de servicios, así como grandes multinacionales. El entorno competitivo está fragmentado y cuenta con gran

participación de competencia local en cada mercado. Del mismo modo las expectativas de los clientes, requisitos, leyes y otras regulaciones, varían de un país a otro.

Uno de los puntos fuertes del grupo Gunnebo AB reside en su capacidad para ofrecer un servicio a nivel mundial para los clientes cuyas organizaciones lo requieren. En los últimos años, el crecimiento del mercado se ha estimado en un 3-4%. La cuota de mercado de Gunnebo AB en Europa se estima entre un 6-7%.

2.2. Gestión del inventario de piezas de recambio

Cada país donde la marca Gunnebo está presente, se considera como una unidad de negocio (Sales Companies SC) independiente, cuya misión es generar dividendos. Una parte complementaria e importante de la venta de equipos son los servicios suplementarios que varían de acuerdo al nivel de servicio contratado. Comúnmente para las marcas SafePay™ y SafeStore Auto™ los niveles de servicio son muy exigentes, muchas veces reduciendo a menos de 48 horas la resolución de algún incidente relacionado con estos equipos.

Para satisfacer estos niveles de servicios previamente contratados por el cliente, las SC, gestionan a su conveniencia el inventario de piezas de recambio. Actualmente y como consecuencia de malas prácticas de planificación y previsión de la demanda, los niveles de inventario de piezas de recambio son muy elevados y no siempre son de la piezas requeridas para la solución de los incidentes, generando un incumplimiento del nivel de servicio contratado por el cliente. Al no contar con las piezas de recambio adecuadas para resolver la incidencia, los técnicos no logran dan resolución al incidente, por lo que es necesaria una segunda visita, generando sobrecostos y un uso ineficiente de recursos escasos, como los técnicos. Haciendo un benchmarking con el sector, la empresa líder logra realizar, de media, un total de 3,3 visitas exitosas/día, mientras la media de Gunnebo AB es de 2,2 visitas exitosas/día.

Actualmente el grupo de Operations de Gunnebo AB, es el encargado de planificar la producción de las piezas de recambio, bien sea a través de sus fábricas propias o externas. Según Lee et al. (1997a), los errores de previsión de la demanda se incrementan a medida que se sube en la cadena de suministro, generando un efecto "*bullwhip". P*or ende el complexity cost en las fábricas de Gunnebo AB, es considerado alto, aunque no se cuente con mediciones exactas de este sobrecoste. Ineficiencias se generan a lo largo de toda la cadena de suministro

de piezas de recambio, derivados en un scheduling de trabajo en fábricas irregular, alto inventario tanto en las fábricas como en cada SC, sobre costes de transporte por envíos exprés y costes financieros.

Al no existir una política corporativa respecto al manejo del inventario de piezas de recambio, el catálogo de piezas de estas contiene gran cantidad de referencias (Stock Keeping Unit SKU´s), repercutiendo en una gran cantidad de SKU´s de baja rotación (slow movement) y piezas con bajo precio, donde los costes logísticos de manipulación, almacenamiento y transporte sumados a los administrativos de lanzamiento de órdenes de compra y contables, superan el valor de la misma.

El área de apoyo a todo el grupo es denominado BAGS, quien es responsable de la creación y puesta en marcha de un almacén central, que dé solución a las ineficiencias en la cadena de suministro de piezas de recambio, incremente el nivel de servicio de cada SC, reduzca los sobrecostes de los técnicos de servicios y genere sinergia entre las áreas de negocio de Gunnebo AB.

3. SITUACIÓN INICIAL Y ANÁLISIS

En el año 2012 Gunnebo AB cuenta con más de 7 unidades de negocios de productos (Cash Handling, Physical Security, Electronical Security, Secure Storage, Pedestrian, Mass Transit-Airport, Mass Transit-Metro y Alltech) quienes a su vez generan un portafolio de productos con más de 43 categorías.

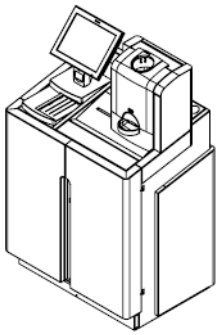
Por decisión de la junta directiva, se decidió iniciar la centralización del inventario de piezas de recambio de los productos ofrecidos por la empresa. Inicialmente se realizó una fase de validación (proyecto piloto), el cual fue designado al área de negocios de BAGS, quienes conformaron un equipo dedicado exclusivamente al diseño e implementación del mismo.

Para este proyecto piloto, fue asignado un presupuesto para catalogar solo dos categorías de producto de dos unidades de negocios diferentes. Por ende, se decidió iniciar el proyecto piloto con las de piezas de recambio de los productos SafePay y Safe Store Auto. Ambos productos fueron desarrollados conceptualmente inhouse y actualmente son fabricados en plantas pertenecientes al grupo Gunnebo. A continuación se explican más en detalle.

SafePay

Es un producto perteneciente al área de negocios *Security Solutions*, *Bank security* y *Cash handling*. Es una solución enfocada al mercado retailer, cuya función es realizar automáticamente la gestión del pago con el cliente, disminuyendo la cantidad de dinero en efectivo en las cajas, incrementando la seguridad de los empleados y clientes, reduciendo las labores contables y de control. Es un producto muy bien posicionado en Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Italia, Noruega, Países Bajos y Suecia. En la figura 3.1 se aprecia una maquina SafePay de checkout.

Figura 3.1. Maquina SafePay



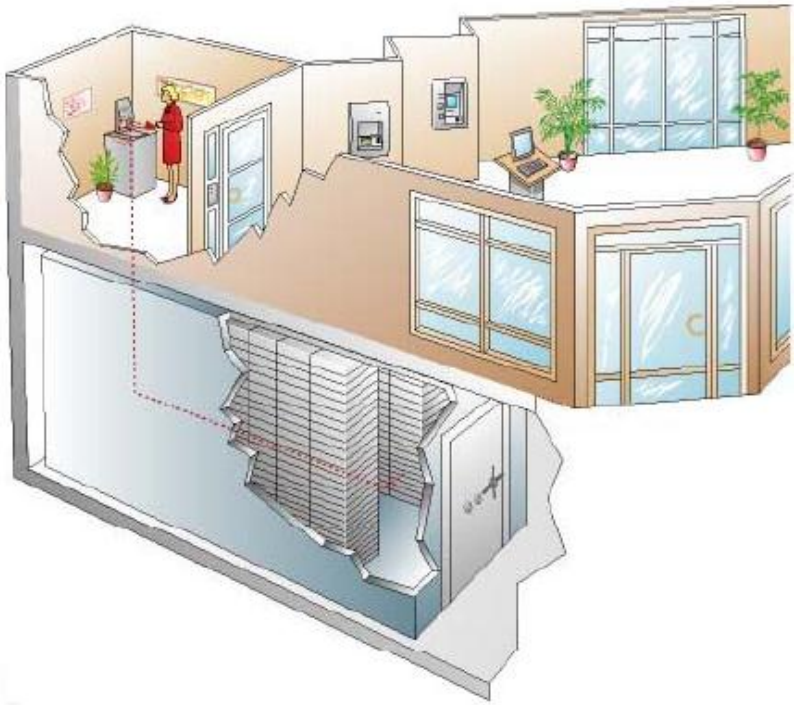
Fuente: Gunnebo AB

SafeStoreAuto (SSA)

Es un producto perteneciente al área de negocios *Bank security* y *Cash handling*. Es una solución enfocada a los bancos, consiste en un transelevador automático de casilleros bancarios. De esta forma se incrementa la privacidad de los clientes, los casilleros reposan en una bóveda de alta seguridad y para acceder a su casillero no deben interactuar con personal del banco, solo basta con acercarse a la boca de salida, validar con su huella dactilar u ocularmente y la caja será buscada, transportada hacia el cliente y posteriormente de vuelta a su posición inicial. Es un producto muy bien posicionado en Suiza, Alemania, Dinamarca, Francia, España y los Países Bajos.

La figura 3.2 es la solución completa para la gestión de las cajillas de seguridad bancaria ofrecida por SSA.

Figura 3.2. Safe Store Auto (SSA)



Fuente: Gunnebo AB

4. FASE DE VALIDACIÓN (PROYECTO PILOTO)

Consistió en realizar las siguientes etapas:

1. Creación catálogo de piezas de recambio, tal como se explica en el apartado 4.1 página 16.
2. Diseño y creación de la herramienta de cálculo "Tool v1" para cálculo del stock de piezas de recambio a mantener en el nuevo almacén central, apartado 4.2 página 18.
3. Inicio de transacciones con proveedores y SC.

En la Tabla 4-1 se cuantifica el proyecto piloto para catalogar las piezas de recambio para SafePay y SSA y ajustar los diversos sistemas informáticos.

Tabla 4-1. Resumen proyecto piloto

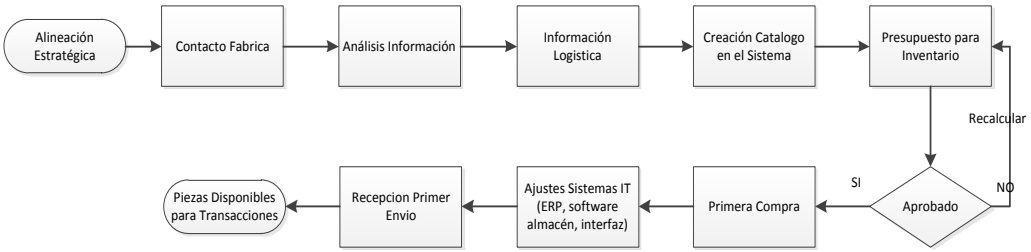
	SafePay	SafeStoreAuto
Número SKU´s	466	119
Disponibles	444	104
Disponibles y Reparables	22	15
Lead Time (días)	28	7
Países de Origen	Suecia, Inglaterra, Alemania	Alemania, Estados Unidos
# proveedores 1er nivel	1	5
# proveedores 2do nivel	7	0
Intervalo valor piezas (€)	1,11-7768	1,25-1760
Horas admon. para catalogar	70	30
Horas IT	100	

Fuente: elaboración propia

4.1. Creación Catálogo de Piezas

En la figura 4.1, se identifican los pasos necesarios para catalogar una pieza de recambio a incluir en el SSC (Spare Service Center) de Gunnebo AB y a continuación se describirán cada uno de ellos.

Figura 4.1. Etapas creación catálogo



Fuente: elaboración propia

- Alineación Estratégica

De acuerdo a las necesidades del mercado, la alta dirección decide a que productos se les debe dar soporte desde el SSC. Esto en aras de potenciar su posición en el mercado y ofrecer un mejor portafolio de servicios complementarios a estos productos.

- Contacto fábrica

Se solicita información histórica a la fábrica de cada producto, de ventas de piezas de recambio y de los productos a los cuales éstas dan soporte. Muchas piezas no son fabricadas por Gunnebo, pero aun así, estas entidades poseen esta información, ya que las SC no tienen contacto directo con los proveedores de segundo nivel de cada fábrica. Se solicitan los datos históricos de venta de productos al gerente de cada línea de producto. Así mismo, las previsiones de ventas de nuevos productos y el ciclo de vida de los mismos. Una vez se deja de vender el producto, se debe dar un soporte y disponibilidad de piezas durante 7 años. Para ciertos productos se recomienda a los clientes hacer un “retrofit” que básicamente es una actualización de los equipos ya instalados para asegurar la disponibilidad de piezas de recambio y mantenimiento. En la organización se cuenta con una política de ciclo de vida de los productos, pero no se aplica con relación a las piezas de recambio. Para ver el ciclo de vida del producto, remitirse al Anexo 1.

- Análisis Información

Se analiza la información histórica de ventas, buscando identificar piezas de bajo coste, las cuales posteriormente se venderán en forma de kits o las SC deberán buscar localmente (baterías, fusibles, etc.). Otras piezas de recambio pueden no presentar ventas durante años, con lo cual se procederá a eliminar o posponer su inclusión en el catálogo. El objetivo es reducir el número de SKU´s, lo que significará menos costes de manipulación y almacenamiento. El suministro de información como lo es la tasa de fallo de piezas claves según la edad del equipo y la base instalada en los distintos mercados, no es mandatorio aunque sea de gran importancia.

- Información Logística y Financiera

Dimensiones de las piezas, lote mínimo de compra, días de plazo de entrega y lugar de entrega de las ordenes de pedido. Información financiera para gestionar los pagos e información de contacto para el lanzamiento de las órdenes de pedido.

- Creación catálogo en el sistema

El SSC usa el ERP (Enterprise Resource Planning) seleccionado por Gunnebo AB, Microsoft Dynamics AX 4.0. Se debe completar las plantillas para poder exportar los datos al sistema y generar el código SKU´s que corresponderá a cada pieza. Así mismo establecer el coste de inventario y la lista de precios. Cabe destacar que cada país utiliza localmente un código diferente para una misma piezas de recambio. Con estas nuevas referencias, lentamente se migra a una unificación global de códigos de piezas de recambio.

- Aprobación Financiera

De acuerdo a la herramienta diseñada en el presente trabajo y que se describe en el capítulo 4.2 página 18, se proyecta el incremento del nivel de stock de piezas de recambio y los días de stock a mantener inicialmente. Se solicita al controlador financiero la aprobación del presupuesto necesario para brindar los niveles de servicio acordados. De ser aceptado se realiza la primera compra. En caso de ser rechazado, se retrasa el proyecto o se reajusta el presupuesto si es necesario.

- Ajuste sistemas IT

El dpto. de IT de Gunnebo AB ajusta las interfaces entre Microsoft Dynamics AX 4.0 del SSC y este mismo sistema en los distintos países. Cabe destacar que cada país puede usar un ERP distinto al corporativo, por lo que se debe usar una interface exclusiva para que los usuarios lancen los pedidos al SSC y por medio de reportes desde la base de datos se actualiza

el estatus de las órdenes recibidas previamente. Una tercera interface es necesaria para intercomunicar el sistema del almacén y Dynamics AX 4.0.

- Inicio de Transacciones

Una vez recibido el primer pedido de piezas de recambio y comprobación del correcto funcionamiento de los sistemas, se inicia el proceso de recepción de órdenes de pedido.

4.2. Diseño herramienta de cálculo de inventario "Tool V1"

Microsoft Dynamics AX 4.0, el ERP corporativo de Gunnebo AB, para gestión de inventarios y planificación de la demanda cuenta con un módulo llamado Master Planning, el cual ofrece dos funciones básicas:

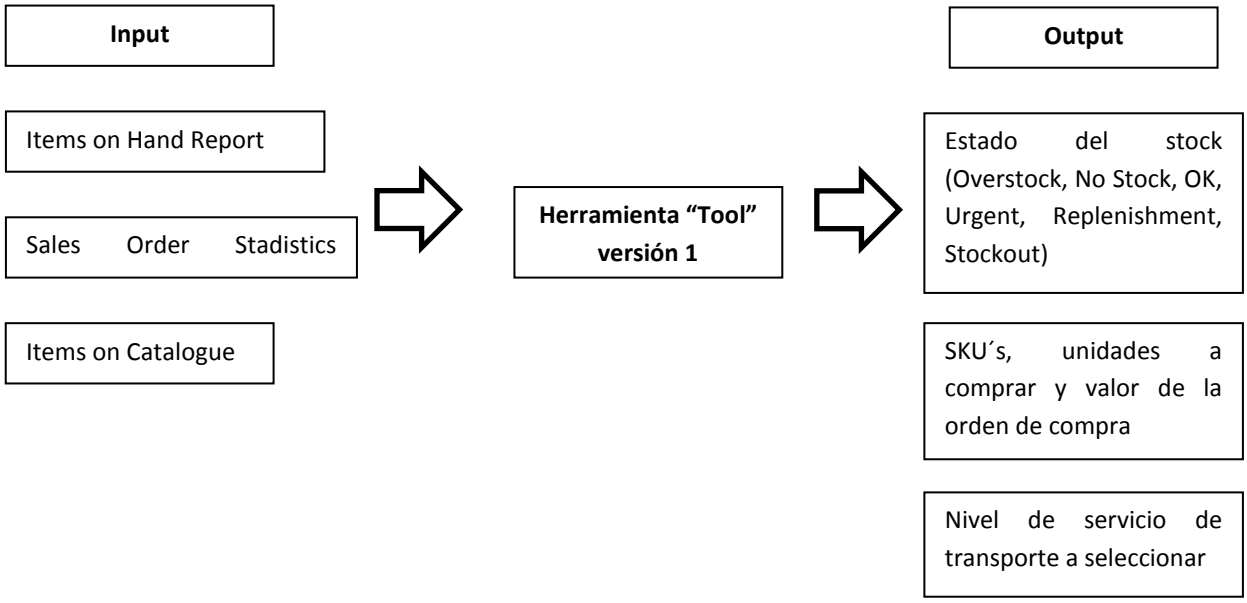
- Planned Orders
- Forecasting (Forecast Scheduling and Master Scheduling).

Para calcular en AX las necesidades brutas de piezas de recambio cada periodo en Microsoft Dynamics AX 4.0 sería necesario escribir los algoritmos de cálculo en el lenguaje de este ERP, lo cual requeriría un equipo de IT con experticia en suites de replenishment. Por tal motivo fue necesario crear una herramienta computacional para realizar esta función. Por decisión empresarial y dado que se cuenta con las licencias de Microsoft Excel, se decidió escribir esta herramienta en este programa de cálculo. Esta herramienta fue implementada con el soporte de la firma de consultoría Odgers Berndtson. El autor como miembro del equipo de trabajo del SSC, tuvo un gran aporte en el proceso de diseño y desarrollo conceptual de esta herramienta y en la supervisión de la programación e implementación.

Conceptualmente la herramienta se usa en tres pasos, *Input*, *Cálculo* y *Output*, tal como se describe en la figura 4.2.

Los *Inputs* son reportes extraídos directamente del servidor SQL, los cuales contienen toda la información de las piezas de recambio que se requerirá en los cálculos. Con base en esta información se realizan cálculos internos, comparando el stock actual con el nivel máximo deseado. Esta información se resume en el *Output*, la cual se expresa de forma numérica y gráfica las cantidades a comprar.

Figura 4.2. Herramienta de Cálculo de Inventario "Tool V1"



Fuente: elaboración propia

4.2.1. Input

El primer paso para iniciar los cálculos en la herramienta, es incluir los reportes extraídos directamente del ERP. Con base en ellos, la herramienta obtiene el stock neto y el histórico de ventas de cada pieza.

1. Reporte *Items on Hand*: extraído directamente desde AX a Microsoft Excel, mediante servidor SQL.

2. Reporte Sales *Sales Order Stadistics*: extraído directamente desde AX a Microsoft Excel, mediante servidor SQL. Contempla las órdenes recibidas desde las SC.

3. Reporte *Items on Catalogue*: extraído directamente desde AX a Microsoft Excel, mediante servidor SQL. Contiene toda la información de cada pieza, como lead time, unidad de compra, precio de compra, proveedor, tipo de pieza (pieza de recambio, consumibles o wear and tear) y nivel de servicio por ABC.

El ABC que se incluye en este reporte, se calcula basado en unidades vendidas y por decisión empresarial y consensuada a través de reuniones, se cuenta con las siguientes categorías, que se pueden observar en la Tabla 4-2. El índice K, está relacionado con la ruptura en un ciclo.

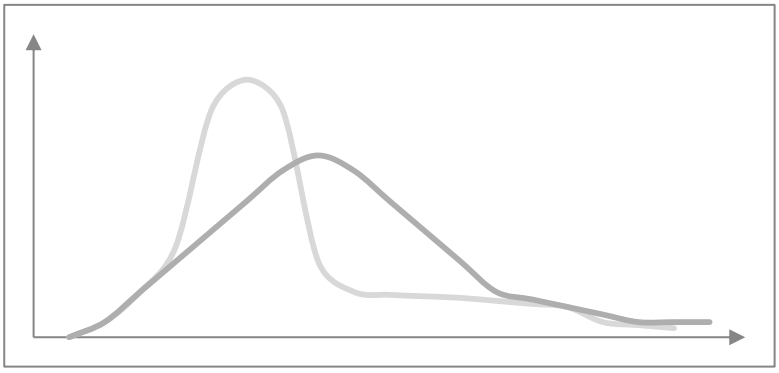
Tabla 4-2. ABC y Nivel de Servicio

ABC	Nivel de Servicio	K	Máximo de contribución
A++	99%	2,91	
A	99%	2,91	50%
B	95%	2,56	80%
C	90%	2,06	95%
D	80%	1,05	99%
E	50%	0	100%
Bajo Pedido		0	

Fuente: elaboración propia

Las piezas denominadas A++, no son tenidas en cuenta en el ABC, esto para asegurar un mejor nivel de servicio, con lo que la curva de dispersión no será tan pronunciada, tal como se aprecia en la figura 4.3.

Figura 4.3. Curva dispersión



Fuente: elaboración propia

Este ABC es revisado trimestralmente para identificar piezas cuya demanda se ha incrementado o disminuido dado el ciclo de vida del producto, por lo cual podrán subir o bajar de categoría.

El nivel de servicio es por referencia y se ofrece con base en la clasificación ABC.

Cálculo de K

La teoría estadística muestra que cuando una previsión (independiente) tiene una distribución normal con media 0, entonces 1.25 veces la desviación media absoluta es una estimación de la desviación estándar de los errores de previsión. Este mismo enfoque es el usado por el ERP SAP Business Management Software. SAP Help Portal (2013).

En Excel se aplica la fórmula =*Normsinv* (valor z) * 1.25, valor de la probabilidad del nivel del servicio deseado extraído de la Tabla Distribución Normal.

La clasificación ABC se realiza con base en las unidades vendidas. Las piezas cuya sumatoria de unidades vendidas en un periodo contribuyen hasta un 50% del total de las ventas, se consideran *A*. Las piezas cuya contribución va desde el 50% hasta el 80%, se denominan *B*, mientras que las piezas entre el rango 80% - 95% son *C*. Las piezas de categoría *D* van desde el 95% hasta el 99% y las *E* desde el 99% hasta el 100%.

4.2.2. Herramienta "Tool V1"

Tal como se describe en la figura 4,9, en este paso se realizan todos los cálculos con la información aportada en el paso *Input*. Por cada SKU´s se calcula y compara con el stock actual, el punto de pedido y máximo de stock, así como su stock de seguridad (SS). Finalmente se genera la información base para el último paso, *Output*, donde se le indica al planificador de la demanda, las unidades y SKU´s a comprar.

El modelo de gestión de stock que se utilizará, será una mezcla entre gestión del punto de pedido y gestión por nivel de cobertura. De la gestión del punto de pedido se deduce que cuando el stock llega a dicho punto de pedido se lanza un pedido, las expresiones utilizadas se han obtenido de Companys y Corominas (1995). De la gestión por nivel de cobertura se obtiene la cantidad solicitada o tamaño del lote variable en función de la demanda del periodo.

A continuación se explican los 7 pasos para calcular los parámetros y valores para el proceso de reaprovisionamiento.

1. Se extrae del reporte *Items on Catalogu*e, la siguiente información:

- Nombre de la pieza e información logística (proveedor de primer nivel, unidad de compra, almacén destino, proveedor de segundo nivel, etc.)
- Precio de compra
- Lead time del proveedor, *L* (en días)
- ABC y nivel de servicio asignado

2. Con la información histórica de ventas, se realiza el cálculo de la demanda mensual por cada pieza. Esta la denominaremos *Demanda Mensual para Calculo(D)*

Demanda Mensual para Cálculo (D) = **(Ventas 2011***0.2)/12 + (**Ventas 2012***0.3)/12 + (**Últimos Doce Meses***0.45)/12 + **Último mes***0.05

Dicha expresión diseño se tras analizar la demanda mensual histórica. Igualmente en esta expresión se le da más peso a las ventas de los últimos doces meses, ya que es la tendencia real de fallo o no fallo de las máquinas instaladas.

3. La desviación de la demanda se calcula para cada pieza y del siguiente modo:

- ΔInicial Demanda = Desviación Estándar (**Ventas 2011**/12; **Ventas 2012**/12; **Último mes**; Demanda Mensual para Cálculo (D))
- % Desviación = ΔInicial Demanda / Demanda Mensual para Cálculo
- ΔFinal Demanda= si % Desviación es mayor a 0,5, entonces Demanda Mensual para Cálculo (D)*0,5 / si % Desviación es menor a 0,5, entonces Δ Inicial Demanda

4. Internamente la "Tool V1" cuenta con el valor asociado de K a cada categoría del ABC, por lo que se realiza el cálculo del stock de seguridad. El valor de **σ** se estimó una primera vez para cada SKU´s según su proveedor y para la familia de productos de SafePay, según su proveedor de segundo nivel, ya que la orden se lanza a la fábrica, quien a su vez la remite al fabricante. Esta información está incluida dentro de los datos de cálculo de la herramienta "Tool V1". Se planifica actualizar esta información semestralmente, con base en el lead time real de las órdenes de compra históricas y el nivel de servicio recibido de los proveedores. Para calcular el stock de seguridad (SS), se emplea la siguiente expresión:

$$\mathbf{SS} = K * \sigma\sqrt{L}$$

Para proveedores cuya variabilidad del lead time (L) y la demanda sean variables aleatoriamente independientes, el valor de **σ** se calculará con la siguiente expresión. Silver y Pike (1998)

Dónde:

L es el lead time expresado en unidades de tiempo,

E(L) es la esperanza matemática de L,

var(L) es la varianza de L.

D es la demanda en unidades en un periodo de tiempo,

E(D) es la esperanza matemática de D,

var(D) es la varianza de D.

$$\sigma x = \sqrt{E(L)var(D) + [E(D)]^2 var(L)}$$

5. Con base en el lead time y nivel de servicio deseado, que se refleja en el SS, internamente se calcula el nivel mínimo y máximo (SMax) de cada pieza.

$$Punto\ de\ pedido = D * (L + \Delta L) + K * \sigma\sqrt{L}$$

$$SMax = Punto\ de\ pedido + (Lequivalente * \frac{D}{30})$$

6. Se comparan los niveles de stock mínimos y máximos con el stock real, que se obtiene del reporte *Items on Hand* y las necesidades del periodo a analizar que se obtienen del reporte *Sales Order Stadistics.*

7. Dependiendo del nivel del stock disponible, la “Tool V1” genera la cantidad de piezas a comprar para alcanzar el nivel máximo de stock, teniendo en cuenta el lead time del proveedor, la variabilidad de la demanda y la variabilidad del lead time. Si las ventas han sido mayores a las pronosticadas, el sistema genera alertas de comprar urgentemente y cantidades que cubren el exceso de demanda y el reabastecimiento del SSC.

4.2.3. Output

Una vez procesada la información, se obtienen las SKU´s que requieren de una acción de reaprovisionamiento. Se pueden identificar en la columna *Qty to Order* de la pestaña *3B. Tool Purchasing* Orders, a través de la aplicación de un filtro, excluyendo las SKU´s cuyo valor sea cero. En la pestaña *Replenishment Order,* se pegan como valores las SKU´s seleccionadas en la pestaña anterior. La información más relevante para el planificador que se obtiene es la siguiente:

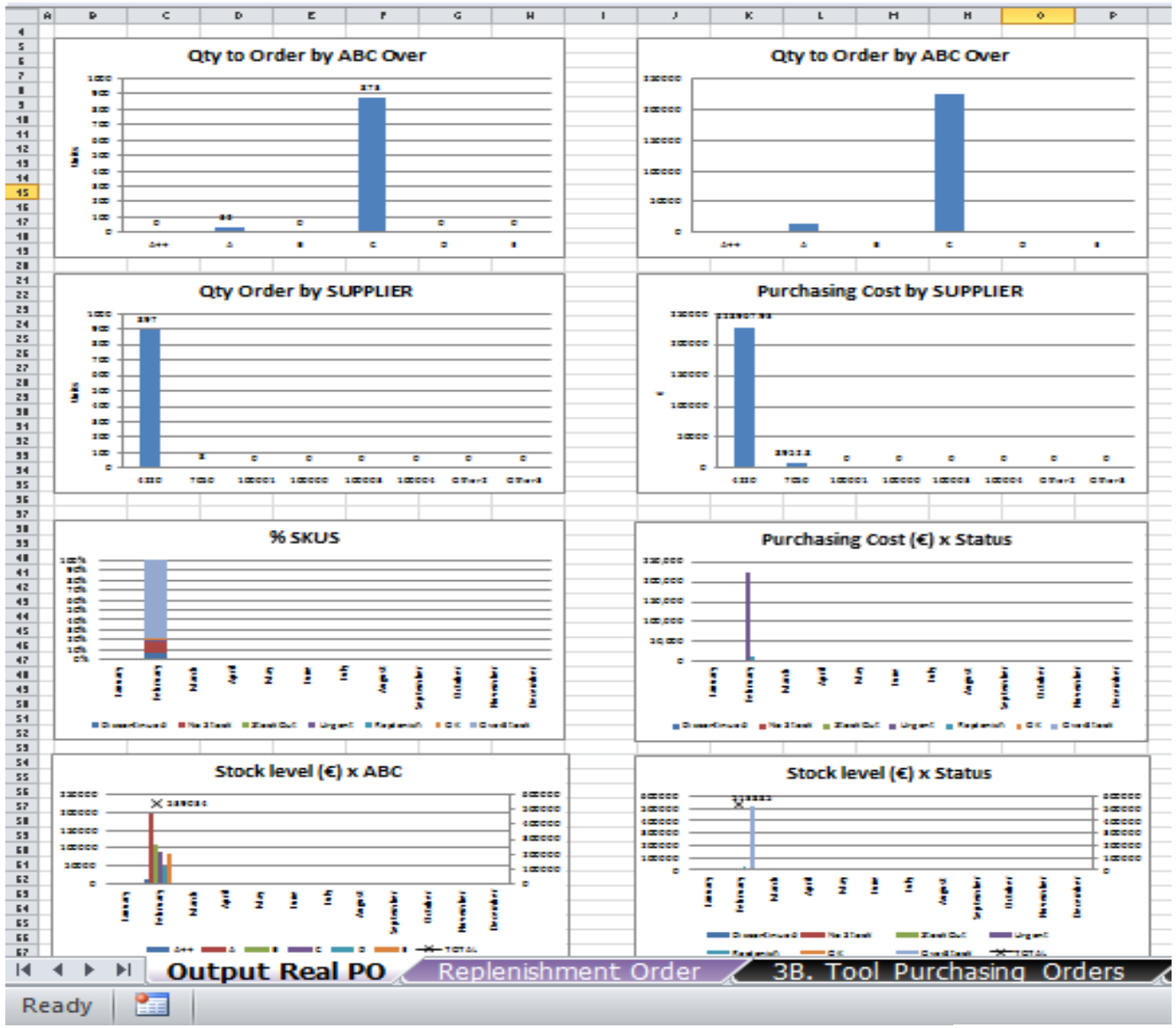
1. SKU´s a comprar, cantidad y nivel de servicio de transporte, según la necesidad de reaprovisionamiento. El nivel de servicio de transporte se refiere al tiempo de tránsito desde origen hasta destino. Si se requiere de un transporte rápido, dada la urgencia por esta(s) SKU´s, se remite a transporte exprés, 1-2 días de transito dentro de la Comunidad Económica Europea. Caso contrario, sería un transporte *normal*, cuyos tiempos de transito son 2-3 días dentro de la Comunidad Económica Europea.

2. Proveedor, coste por unidad y coste total por SKU´s. Así mismo se realiza la conversión de las necesidades brutas del periodo en las unidades de compra.

3. En la pestaña *Output Real PO*, tal como se ve en la figura 4.4, visualmente se organizan las SKU´s según su clasificación ABC, Familia de Producto y Proveedor. De esta manera el planificador, manualmente identifica cualquier potencial de sobre stock o sugerencias de reaprovisionamiento que se deban a ordenes especiales.

   Para ver las imágenes de pantalla de la herramienta “Tool V1” remitirse al Anexo 2.

Figura 4.4. Output herramienta "Tool V1"



Fuente: elaboración propia

4.3. Propuesta herramienta "Tool V2"

Para la "Tool V2" se plantea una mejora en el cálculo de las previsiones de la demanda y la inclusión de costes de almacenaje, posesión de stock y costes de lanzamiento de órdenes.

Para las previsiones se emplearán modelos de series temporales, a título de ejemplo en el apartado 4.3.1 página 27 se detallará.

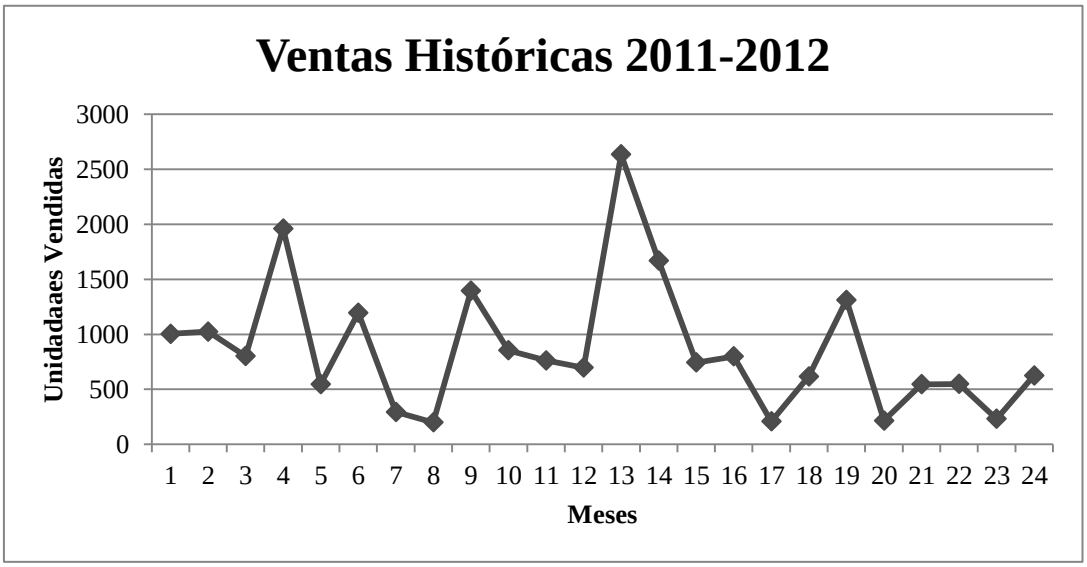
Para la gestión de stock, al incluir los costes de almacenaje, posesión de stock y costes de lanzamiento de órdenes se está en condiciones de obtener el tamaño de los lotes de compra. El modelo de Harris-Wilson para el caso de demanda homogénea o el método de Wagner-Whitin para demanda variable. Se empleará el modelo que mejor se ajuste a las condiciones de demanda que tenga dicha SKU´s. En el apartado 4.3.1.1 página 27 se analizarán los modelos y su aplicación.

4.3.1. Cálculo previsiones demanda

Actualmente la "Tool V1" calcula la demanda mensual con base en el histórico ponderado. A continuación se propone un método con mayor precisión.

Inicialmente se analizan los datos históricos de ventas, en aras de identificar comportamientos propios del mercado y de la organización (vacaciones colectivas, etc.) que podrían impactar en la fluctuación de la demanda mensual.

Figura 4.5. Ventas históricas SafePay & SSA



Fuente: elaboración propia

El stock de piezas de recambio en cada SC, no tiene una política clara de gestión y por ende poco control logístico y financiero. Con base en la figura 4.5 y Tabla 4-3, se puede observar que al inicio de cada año las ventas de piezas se incrementan. Esto se debe a las pérdidas de inventario detectadas en el conteo físico en almacén, que se realiza al final de cada año natural y buscando cerrar el año natural con niveles bajos de stock, no se realizan actividades de reaprovisionamiento en los últimos meses del año.

Tabla 4-3. Ventas Históricas SafePay & SSA

Mes/año	**2011**		**2012**		**2013**
	Unidades	%	Unidades	%	Unidades
Enero	1.004	9,35%	2.634	25,95%	2.047
Febrero	1.024	9,54%	1.670	16,45%	1.361
Marzo	801	7,46%	743	7,32%	1.012
Abril	1.961	18,27%	799	7,87%	821
Mayo	546	5,09%	208	2,05%	712
Junio	1.196	11,14%	617	6,08%	
Julio	294	2,74%	1.313	12,93%	
Agosto	199	1,85%	216	2,13%	
Septiembre	1.396	13,00%	546	5,38%	
Octubre	854	7,96%	549	5,41%	
Noviembre	763	7,11%	232	2,29%	
Diciembre	697	6,49%	625	6,16%	
TOTAL	**10.735**	100,00%	**10.152**	100,00%	**5.953**

Fuente: elaboración propia

En aras de generar una prognosis de las ventas mensuales de piezas de recambio, se procede a aplicar un modelo que soporte la generación de estas previsiones.

Dado el comportamiento de las ventas históricas, se decide aplicar un *Modelo con tendencia lineal, estacionalidad multiplicativa*, Companys y Corominas (1995). Este se podrá ver restringido ante la falta de datos reales, pero su uso se justificará en las siguientes premisas.

4.3.1.1. Generación previsión

Una vez determinado el modelo a aplicar para obtener la previsión de la demanda, se procede a generar las medias móviles y calcular los valores de la ecuación de la recta, esto con el fin de generar los valores teóricos de cada periodo. Una vez obtenidos estos valores, se procede a calcular la estacionalidad de cada periodo. Si se requiere, se ajustará tanto la ecuación de la

recta como la estacionalidad de los periodos y por último se procede a generar la previsión. A continuación se explica en detalle el proceso de generación de las previsiones:

1. Se procede a calcular la primera (M1) y segunda media móvil (M2). Para la primera media móvil, se debe obtener el valor promedio de x(t) agrupando según el periodo que se desea proyectar y el periodo que cubre cada t de los datos reales. Si se desea obtener una previsión mensual, en este caso, se debe sumar los meses hasta completar 12 periodos, que corresponden a un año natural y obtener su valor promedio. Este valor corresponderá al primer valor de la primera media móvil. Para calcular el segundo valor, se repite el procedimiento solo que desplazando un mes los periodos de análisis.

Para la segunda media móvil se repite el mismo procedimiento de obtención del promedio mensual, solo que en vez de usar como datos base x(t), se emplean los valores obtenidos en la primera media móvil M1. El primer valor de la segunda media móvil se podrá obtener una vez se obtengan los primeros 12 periodos de la M1.

En la Tabla 4-4, se describen los valores reales para cada mes, la M1 y M2, de las ventas totales de piezas de recambio de las familias de productos de SSA y SafePay.

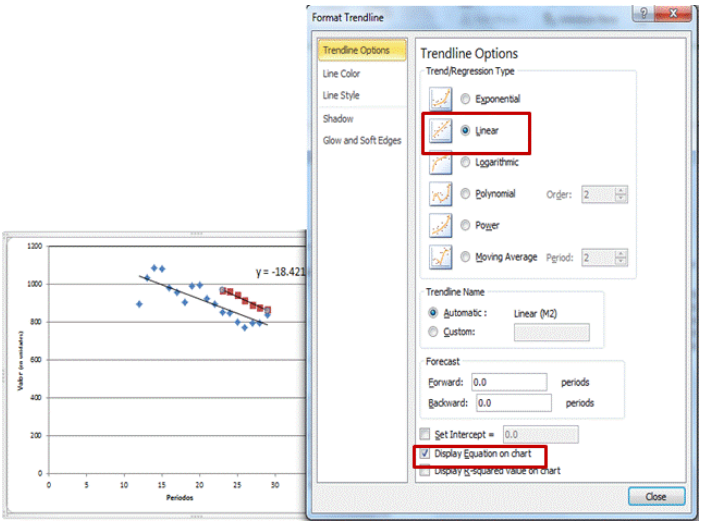
2. Una vez se obtienen los valores de la primera (M1) y segunda media móvil (M2), se calcula la ecuación de la recta de la regresión lineal de la segunda media móvil. Para este cálculo, se usó Microsoft Excel. Se grafican los datos y se ejecuta la función automática de cálculo de estos datos, tal como se aprecia en la figura 4.6 y figura 4.7.

Tabla 4-4. Ventas Mensuales, M1 y M2

Año	Mes	t	x(t)	M1	M2
2011	Enero	1	1004		
	Febrero	2	1024		
	Marzo	3	801		
	Abril	4	1961		
	Mayo	5	546		
	Junio	6	1196		
	Julio	7	294		
	Agosto	8	199		
	Septiembre	9	1396		
	Octubre	10	854		
	Noviembre	11	763		
	Diciembre	12	697	894,583333	
2012	Enero	13	2634	1030,41667	
	Febrero	14	1670	1084,25	
	Marzo	15	743	1079,41667	
	Abril	16	799	982,583333	
	Mayo	17	208	954,416667	
	Junio	18	617	906,166667	
	Julio	19	1313	991,083333	
	Agosto	20	216	992,5	
	Septiembre	21	546	921,666667	
	Octubre	22	549	896,25	
	Noviembre	23	232	852	965,444444
	Diciembre	24	625	846	961,395833
2013	Enero	25	2047	797,083333	941,951389
	Febrero	26	1361	771,333333	915,875
	Marzo	27	1012	793,75	892,069444
	Abril	28	821	795,583333	876,486111
	Mayo	29	712	837,583333	866,75
	Junio	30			
	Julio	31			
	Agosto	32			
	Septiembre	33			
	Octubre	34			
	Noviembre	35			
	Diciembre	36			

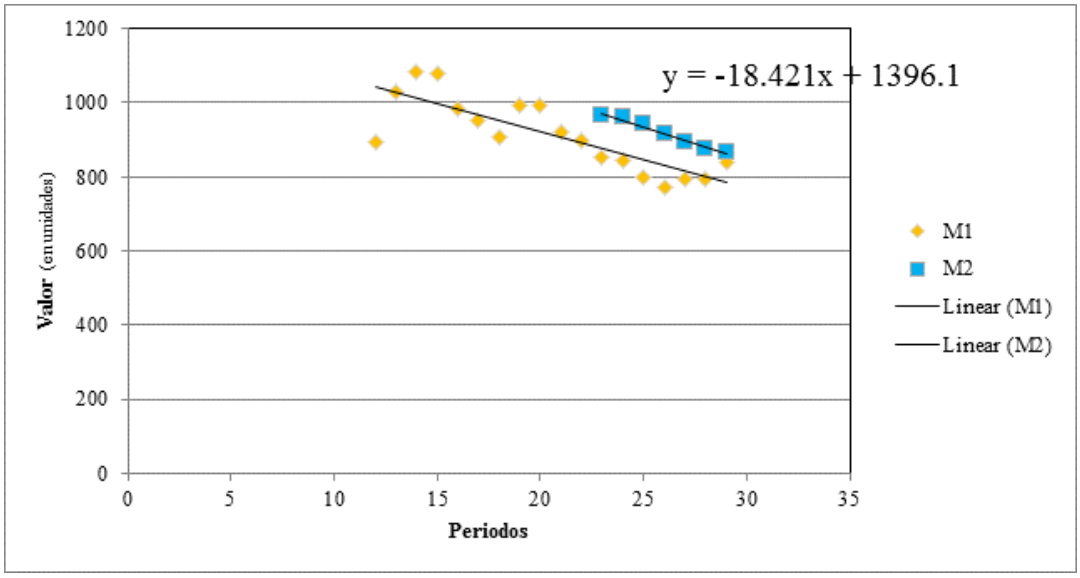
Fuente: elaboración propia

Figura 4.6. Cálculo Regresión Lineal



Fuente: elaboración propia

Figura 4.7. Regresión Lineal M1 y M2



Fuente: elaboración propia

3. Al obtener la fórmula de la ecuación de la recta, se procede a calcular el valor teórico correspondiente a cada t. Antes se debe ajustar la ecuación, dado que se calculó con base en la M2.

$$a' = a + (n-1) * b$$

siendo $Y = bx + a$

En este caso

Y = -18,421x + 1396,1

a´= 1396,1 + (12-1) * (-18,421)

a´= 1193,469

El valor teórico corresponde a *tn * b + a´*

La estacionalidad equivale a $\frac{X(tn)}{tn*b+a'}$

En la Tabla 4-5 se identifica el valor teórico para cada mes y el valor estacional de cada mes.

Tabla 4-5. Valor Estacionalidad Mensual

Año	Mes	t	x(t)	M1	M2	Teórico	Estacionalidad
2011	Enero	1	1004			1175,048	0,85443318
	Febrero	2	1024			1156,627	0,88533296
	Marzo	3	801			1138,206	0,70373904
	Abril	4	1961			1119,785	1,75122903
	Mayo	5	546			1101,364	0,49574891
	Junio	6	1196			1082,943	1,10439792
	Julio	7	294			1064,522	0,2761803
	Agosto	8	199			1046,101	0,1902302
	Septiembre	9	1396			1027,68	1,3583995
	Octubre	10	854			1009,259	0,84616535
	Noviembre	11	763			990,838	0,77005525
	Diciembre	12	697	894,583		972,417	0,71677069
2012	Enero	13	2634	1030,417		953,996	2,76101787
	Febrero	14	1670	1084,250		935,575	1,78499853
	Marzo	15	743	1079,417		917,154	0,81011477
	Abril	16	799	982,583		898,733	0,88902933
	Mayo	17	208	954,417		880,312	0,23627986
	Junio	18	617	906,167		861,891	0,71586778
	Julio	19	1313	991,083		843,47	1,55666473
	Agosto	20	216	992,500		825,049	0,26180263
	Septiembre	21	546	921,667		806,628	0,67689195
	Octubre	22	549	896,250		788,207	0,69651754
	Noviembre	23	232	852,000	965,44	769,786	0,30138246
	Diciembre	24	625	846,000	961,40	751,365	0,83181942
2013	Enero	25	2047	797,083	941,95	732,944	2,79284638
	Febrero	26	1361	771,333	915,88	714,523	1,90476724
	Marzo	27	1012	793,750	892,07	696,102	1,45380993
	Abril	28	821	795,583	876,49	677,681	1,21148446
	Mayo	29	712	837,583	866,75	659,26	1,07999879
	Junio	30					
	Julio	31					
	Agosto	32					
	Septiembre	33					
	Octubre	34					
	Noviembre	35					
	Diciembre	36					

4. Los coeficientes de cada periodo, en este caso mensuales, son equivalentes al valor promedio de la *Estacional* de cada mes *N*. Para el mes de Enero equivale a:

(0,85443318 (N1) + 2,76101787 (N13) + 2,79284638) (N25) / 3 = 2,136

En la Tabla 4-6, se resumen los coeficientes de los periodos analizados, es decir, 12 meses.

Tabla 4-6. Coeficientes Mensuales

Mes	Coeficientes Mensuales	Normalizar Coeficientes
Enero	2,136	2,193
Febrero	1,525	1,565
Marzo	0,989	1,015
Abril	1,284	1,318
Mayo	0,604	0,620
Junio	0,910	0,934
Julio	0,916	0,941
Agosto	0,226	0,232
Septiembre	1,018	1,045
Octubre	0,771	0,792
Noviembre	0,536	0,550
Diciembre	0,774	0,795
TOTAL	**11,690**	**12**

Fuente: elaboración propia

La sumatoria de los Coeficientes Mensuales no normalizados debe ser igual o lo más cercano al número de periodos, a los que se desea obtener la estacionalidad, que tiene un año natural. Para este caso, debe ser igual a 12. $\sum_{t=1}^{N} \boldsymbol{c(t)} = \boldsymbol{N}$

Si $\sum_{t=1}^{N} \boldsymbol{c(t)} = \boldsymbol{S}$**,** se deben retocar los coeficientes de modo que su suma sea N

$$c'(t) = c\ (t) * \frac{N}{S}$$

Tomando de nuevo el ejemplo el mes de Enero, su normalización seria de esta manera:

$$c' = 2{,}136 * \frac{12}{11{,}690} \text{ -> } c' = 2{,}193$$

Así mismo se recalculan los valores de la ecuación de la recta:

$$a'' = a' * \frac{S}{N} \rightarrow 1193{,}469 * \frac{11{,}690}{12} \rightarrow \mathbf{1162{,}62}$$

$$b' = b * \frac{S}{N} \rightarrow 1 - 18{,}421 * \frac{11{,}690}{12} \rightarrow \mathbf{-17{,}94}$$

5. Con estos nuevos valores de la ecuación de la recta y los coeficientes estacionales normalizados, se procede a generar la previsión mensual.

$$(b * (tn) + a'') * c'N$$

$$Prognosis\ Junio\ 2013 = (-17{,}94 * 30 + 1162{,}62) * 0{,}934 \rightarrow\ 583{,}2$$

Una vez finalizada la primera iteración, en aras de incrementar la fiabilidad en la previsión, se genera una segunda iteración. Se dividen los valores de x(t) entre los coeficientes estacionales normalizados de la iteración anterior. Con estos datos se procede a calcular la ecuación de la recta de tendencia. Se procede a aplicar los pasos 3,4 y 5, solo que en el paso 3 ya no es necesario ajustar la ecuación de la recta al origen.

En la tabla 4-7 se incluyen los valores reales de demanda de piezas de recambio de SSA y SafePay. En azul son los valores correspondientes a la previsión obtenidos de la segunda iteración.

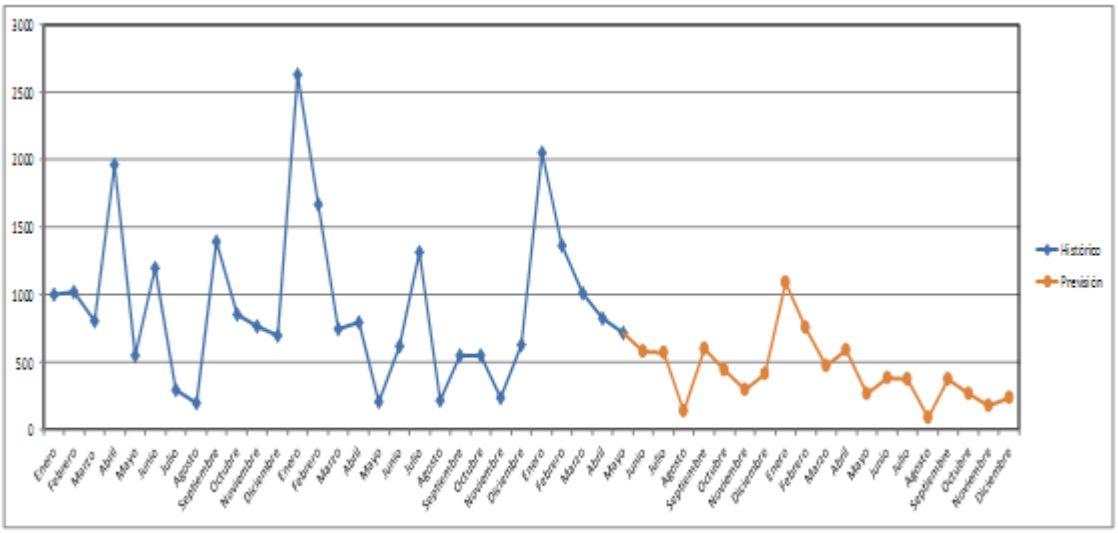
Tabla 4-7. Previsiones 2013-2014

	Mes	T	X(t)
2013	Enero	25	2047
	Febrero	26	1361
	Marzo	27	1012
	Abril	28	821
	Mayo	29	712
	Junio	30	**583,25**
	Julio	31	**570,40**
	Agosto	32	**136,51**
	Septiembre	33	**595,91**
	Octubre	34	**437,47**
	Noviembre	35	**293,97**
	Diciembre	36	**410,62**
2014	Enero	37	**1093,45**
	Febrero	38	**752,56**
	Marzo	39	**469,93**
	Abril	40	**586,27**
	Mayo	41	**264,68**
	Junio	42	**382,06**
	Julio	43	**367,82**
	Agosto	44	**86,55**
	Septiembre	45	**370,96**
	Octubre	46	**266,96**
	Noviembre	47	**175,55**
	Diciembre	48	**239,46**

Fuente: elaboración propia

Gráficamente:

Figura 4.8. Evolución grafica ventas



Fuente: elaboración propia

Tanto en la tabla 4-7 como en la figura 4.8, se identifica la previsión de ventas de piezas de recambio para los productos SafePay y SSA. Tiene una tendencia a la baja, dado que las maquinas instaladas están experimentando procesos de retrofit, lo que reduce su tasa de fallo e intervenciones. De igual manera, el beneficio del SSC es reducir los niveles de stock en local, al tener un plazo de entrega menor y un mayor nivel de servicio, las cantidades de piezas demandadas por cada SC serán las mínimas necesarias. Los datos segregados por familia de productos se analizan en el Anexo 3.

4.3.2. Gestión de stock

Dada las desventajas que se identifican en la herramienta de cálculo “Tool” V1, como lo son la no contemplación de los costes de almacenamiento, ni los costes de posesión de stock, ni lanzamiento de órdenes a continuación se describirá la propuesta de mejora para la “Tool V2”.

4.3.2.1. Lote de compra

Para incluir los costes de almacenamiento, posesión de stock y lanzamiento de órdenes, se empleará la fórmula del Modelo Harris-Wilson, hallando el lote de compra (Q).

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * CL}{Cs}}$$

Donde,

D = Demanda en unidades/año

CL = Coste de lanzamiento (€/pedido)

Cs = Coste de posesión (€/unidad año)

Dado que para este modelo la demanda debe ser constante o no tener una variación mayor al 25%, se aplica la fórmula de coeficiente de variabilidad.

$$vc = \left(\frac{\sum D^2 * N}{D^2}\right) - 1$$

Si vd > 0.25 usar otros métodos

vd < 0.25 usar Harris-Wilson

De las 208 SKU´s vendidas hasta la fecha desde la apertura del SSC, solo una pieza satisface esta condición para poder aplicar el modelo de Harris-Wilson, tal como se aprecia en la Tabla 4-8.

Tabla 4-8. Análisis de variabilidad

Código	Nombre	Qty Mes	SS	Total año	Valor unidad	**EOQ**
908000022	SR5i	8,43	8,43	110	174,05 €	**27,10831**

CL	19,25 €
i (mensual)	2%
Coste Almacenamiento	0,583 €

Fuente: elaboración propia

- CL= tarifa administrativa en el almacén (1,75€) + tarifa manipulación por orden (0,35€) + tarifa manipulación por línea (0,65€) + tarifa inbound por línea (9,50€) + valor tiempo administrativo SSC (7€).

- Coste financiero = incluye el coste del dinero (9% anual) y el coste de oportunidad del capital (15% anual).

- Coste almacenamiento = (8,75€ metro cuadrado/mes ÷ 15), donde 15 es el volumen físico medio por pieza.

La figura 4.9 corresponde a la pieza de recambio 908000022; SR5i, quien pertenece a la familia de producto SafePay.

Figura 4.9. Pieza de recambio SR5i

Fuente: Gunnebo AB

4.3.2.2. Procedimiento lote de compra

Para hallar el lote de compra de las piezas restantes, se aplicarán los siguientes modelos:

- Silver Meal (procedimiento heurístico)
- Wagner-Whitin (procedimiento exacto)

Para estos cálculos, se toma una muestra de piezas cuya demanda mensual es alta y se les aplicarán los dos modelos. Posteriormente se determinará la opción con mejor viabilidad económica. En la Tabla 4-9 se muestra la demanda mensual y el precio de compra por referencia. La demanda mensual es calculada según el procedimiento del numeral 4.3.1 página 26.

Tabla 4-9. Referencias para análisis

Código	Nombre	Demanda Mensual	Precio Compra
9080000174	Sensor NTA NDM Assy	69,28	14,14€
9080000186	New Pocket Assy	43,65	9,35€
9080000468	BELT N SBR 0,65X10X474	49,73	13,59€
9080000170	Note Base 2009 Assy	9	194,42€
9080000022	SR5i	8,43	174,05€

Fuente: elaboración propia

Para estas referencias se generó una prognosis, que consistió en una regresión lineal aplicando los mismos pasos del punto 4.3.1 página 26.

En la Tabla 4-10, desde el mes de Enero a Junio son datos reales de ventas, mientras que para el resto de año es la previsión generada. Esta información corresponde para el año 2013.

Tabla 4-10. Ventas reales y Previsión 2013

Mes/Referencia	9080000174	9080000186	9080000468	9080000170
Enero	242	360	110	8
Febrero	73	16	130	5
Marzo	101	0	50	11
Abril	100	112	10	23
Mayo	80	400	30	0
Junio	10	0	116	2
Julio	97	0	0	3
Agosto	0	0	0	2
Septiembre	51	159	142	6
Octubre	51	0	52	1
Noviembre	21	0	27	1
Diciembre	46	3	11	2
TOTAL	**872**	**1050**	**678**	**64**

Fuente: elaboración propia

Como ejemplo ilustrativo de la forma de cálculo de ambos métodos, se usarán los valores para la pieza *9080000174*.

4.3.2.2.1. Silver Meal

Usando los mismos costes de lanzamiento (*CL*), tasa de interés anual (*i*) y costes de almacenamiento (*CA*) del numeral 4.3.2.1 página 35, se calculará el tamaño del lote óptimo por el método de Silver Meal.

Se analiza en cada periodo los costes de lanzamiento, almacenamiento y el cargo por interés que se incurrirán al generar stock de piezas para satisfacer necesidades de periodos futuros.

Si el lote óptimo es equivalente a las necesidades de un periodo, sus costes serán solo el valor de lanzamiento (CL). Para los siguientes periodos se le incrementará el valor de interés del stock de los periodos futuros a comprar en el periodo inicial.

- Tamaño lote para un (1) periodo

  K(1) = CL

  K(1) = **19,25€**

- Tamaño lote para dos (2) periodos

  K(2) = (CL + i·CA· D(2))/2

  K(2) = (19,25€ + (0,583€ +0,02*14.14€)* 73)/2 = **41,226 €**

En la Tabla 4-11, se aprecia el tamaño del lote de compra para cada referencia de análisis y los periodos que cubrirán estos lotes. De igual manera los costes totales de reaprovisionamiento para satisfacer la demanda del año 2013.

Tabla 4-11. Tamaño del lote de compra método Silver Meal

	9080000174		9080000186		9080000468		9080000170	
	Unidades	Coste	Unidades	Coste	Unidades	Coste	Unidades	Coste
Q1	242	19,25 €	360	19,25 €	110	19,25 €	8	19,25 €
Q2	73	19,25 €	16	19,25 €	130	19,25 €	5	19,25 €
Q3	101	19,25 €	0	- €	50	19,25 €	11	19,25 €
Q4	100	19,25 €	112	19,25 €	10	19,25 €	25	37,14 €
Q5	90	27,91 €	400	19,25 €	30	19,25 €	0	- €
Q6	0	- €	0	- €	116	19,25 €	0	- €
Q7	97	19,25 €	0	- €	0	- €	5	28,19 €
Q8	0	- €	0	- €	0	- €	0	- €
Q9	51	19,25 €	159	19,25 €	142	19,25 €	8	32,66 €
Q10	72	37,43 €	0	- €	52	19,25 €	0	- €
Q11	0	- €	0	- €	27	19,25 €	0	- €
Q12	46	19,25 €	3	19,25 €	11	19,25 €	2	19,25 €
TOTAL	**872**	**200,09 €**	**1050**	**115,50 €**	**678**	**192,50 €**	**64**	**174,99 €**

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.2.2. Wagner - Whitin

A través de este procedimiento se minimiza el coste variable, el coste de lanzamiento y de posesión del inventario. A diferencia del anterior algoritmo heurístico, Wagner - Whitin genera como resultado una cantidad óptima a ordenar Qi.

Empleando los mismos costes de lanzamiento (19.25€) y posesión por unidad/mes (0.02*precio compra + 0.58€) del punto *3.5.1. Lote óptimo de compra*, en la Tabla 4-12 a continuación se explicará este método.

Para el primer periodo, el coste es equivalente al coste de lanzamiento.

Para el segundo periodo, se cuenta con dos opciones:

Coste opción 1= (coste del mejor plan desde el inicio y hasta el fin de Enero) + (costes de reaprovisionamiento al inicio de Febrero para satisfacer las necesidades de ese mes).
= 19.25€ + 19.25€
= 38.5€

Coste opción 2 = (coste lanzamiento en Enero) + (costes de posesión para las necesidades de Febrero)
= 19.25€ + 73* (0.02*14,14€+0.583€)
= 82,45€

Este procedimiento se realizó en Excel y se aplicó para las referencias de análisis, obteniendo iguales resultados al método de Silver Meal, tal como se aprecia en la Tabla 4-12. Aunque la respuesta es igual en los dos métodos, al emplear el método de Wagner-Whitin corroboramos que la solución es la óptima.

Tabla 4-12. Tamaño óptimo del lote de compra método Wagner-Whitin

	9080000174		9080000186		9080000468		9080000170	
	Unidades	Coste	Unidades	Coste	Unidades	Coste	Unidades	Coste
Q1	242	19,25 €	360	19,25 €	110	19,25 €	8	19,25 €
Q2	73	19,25 €	16	19,25 €	130	19,25 €	5	19,25 €
Q3	101	19,25 €	0	- €	50	19,25 €	11	19,25 €
Q4	100	19,25 €	112	19,25 €	10	19,25 €	25	37,14 €
Q5	90	27,91 €	400	19,25 €	30	19,25 €	0	- €
Q6	0	- €	0	- €	116	19,25 €	0	- €
Q7	97	19,25 €	0	- €	0	- €	5	28,19 €
Q8	0	- €	0	- €	0	- €	0	- €
Q9	51	19,25 €	159	19,25 €	142	19,25 €	7	23,72 €
Q10	72	37,43 €	0	- €	52	19,25 €	0	- €
Q11	0	- €	0	- €	27	19,25 €	3	28,19 €
Q12	46	19,25 €	3	19,25 €	11	19,25 €	0	- €
TOTAL	**872**	**200,09 €**	**1050**	**115,5 €**	**678**	**192,50 €**	**64**	**174,99 €**

Fuente: elaboración propia.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Costes establecimiento SSC

En la Tabla 5-1 se detallan los costes del proyecto. Los dos primeros conceptos están relacionados con el proceso de creación del catálogo de piezas de recambio y los ajustes realizados al sistema.

Los demás conceptos fueron generados por la herramienta de cálculo. Las horas de implementación de la "Tool V2" están pendientes de ser ejecutadas.

Tabla 5-1. Costes establecimiento SSC

Concepto	Cantidad	Coste unitario	TOTAL	Ejecutado
Horas catálogo	100	30 €	3.630,0 €	Raúl Espinosa
Horas IT (inhouse)	100	60,0 €	7.260,0 €	Gunnebo IT
Horas diseño "Tool V1"*	40	30 €	1.452,0 €	SSC
Horas diseño "Tool V2"	20	30 €	726,0 €	Raúl Espinosa
Horas consultor implementación "Tool V1"	40	50,0 €	2.420,0 €	Consultora Odgers Berndtson/SSC
Horas implementación "Tool V2"*	60	30 €	2.178,0 €	Raúl Espinosa
Materiales y equipo	3	100€	300€	

* pendiente de ejecutar
IVA 21% incluido

Fuente: elaboración propia

5.2. Viabilidad económica

En la Tabla 5-2 se consolidan los costes de mano de obra necesarios para el diseño e implementación de la herramienta de cálculo "Tool V1" y "Tool V2". Nótese que la implementación de la "Tool V2" aún no ha sido ejecutada.

Tabla 5-2. Costes mano de obra

Concepto	Tool v1	Tool v2	TOTAL
Diseño	1.452,0 €	726,0 €	2.178,0 €
Implementación	2.420,0 €	2.178,0 €	4.598,0 €
TOTAL	**3.872,0 €**	**2.904,0 €**	**6.776,0 €**

Fuente: elaboración propia

Uno de los beneficios tangibles de la implementación de la herramienta de cálculo, es la disminución de aproximadamente 20 minutos diarios en el proceso de cálculo de las órdenes de reaprovisionamiento, ejecutado por el planificador de la demanda.

Si se considera que el planificador de la demanda devenga un salario bruto anual de 45.000€, estos 20 minutos diarios equivaldrían a 7.27€ diarios y contemplando 21 días laborales al mes, el ahorro total mensual es de **152.62€.**

Como inversiones se contabiliza el diseño e implementación de la herramienta "Tool V1" y las mejoras pendientes de ejecutar en el periodo 13 que darán origen a la herramienta "Tool V2".

Tool V1= coste mano de obra + alquiler equipo, 3.872€ + 200€ = **4.072€**

Tool V2= coste mano de obra + alquiler equipo, 2.904€ + 100€ = **3.004€.**

Al realizar un flujo de caja proyectado a 60 meses, en la Tabla 5-3 se consolidan los resultados:

Tabla 5-3. Indicadores financieros

Tasa descuento	6%
TIR	1%
VAN	-3.013,90
N	60

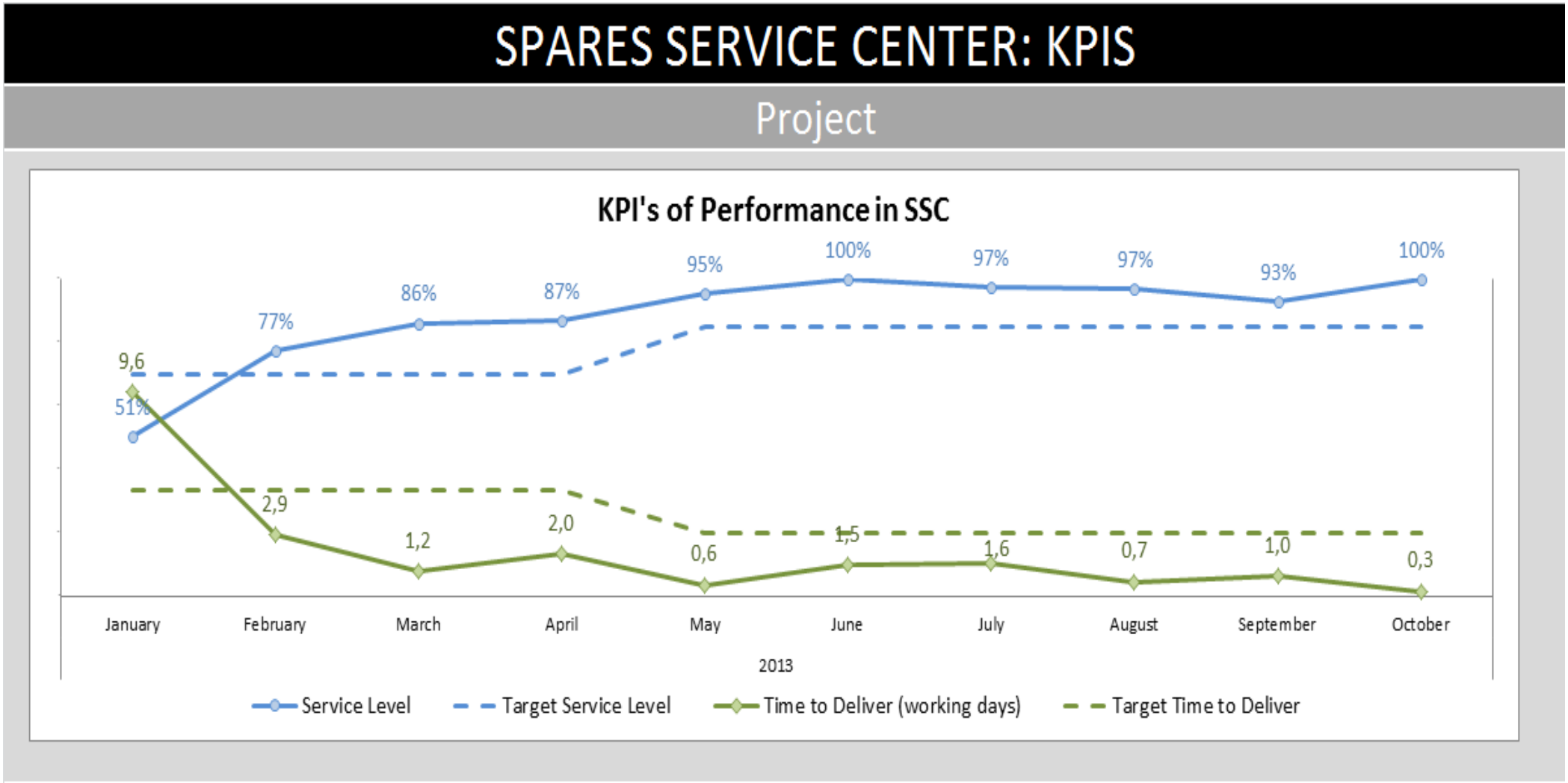
Fuente: elaboración propia

A pesar de tener un VAN negativo, el desarrollo e implementación de las herramientas "Tool V1" y "Tool V2" se justifica en la precisión de los datos generados para el proceso de reaprovisionamiento requerido por el SSC. Este beneficio influye notablemente en el desempeño del nivel de servicio ofrecido y en el valor total del inventario necesario para cumplir con el mismo. Se torna poco preciso cuantificar la influencia de la herramienta de cálculo en el nivel de servicio ofrecido y en el valor total del inventario, ya que otros criterios impactan sobre estos. Por tal razón este beneficio no se cuantifico ni se incluyó en el análisis de la viabilidad.

6. INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO

En la figura 6.1 se analiza que en el inicio de la fase de validación, no se obtuvieron los resultados mínimos esperados, esto debido a los incumplimientos por parte de los proveedores y al sobredimensionamiento de las órdenes de compra por parte de las SC, aún acostumbradas a un lead time mayor. Con el pasar del tiempo y ante el incremento del stock, se logró estabilizar el nivel de servicio y el lead time de entrega. A partir del mes de Abril 2013, se incrementó del 70% al 85% el nivel de servicio y se redujo el lead time de cinco (5) días a tres (3) días. Actualmente se trabaja en la reducción de sobre stock, ya que se cuenta con más experticia, conocimiento de la familia de productos y por ende las provisiones son más acertadas.

Figura 6.1. Indicadores de desempeño



Fuente: Gunnebo AB-BAGS

7. IMPACTO AMBIENTAL

- **Ahorro papel en las órdenes de compra**

Al emplear el ERP de Gunnebo, tanto para el lanzamiento, recepción, gestión y facturación de las órdenes de compra, se evita el uso de papel para estas actividades, aunque dada la parcial integración de las SC a este ERP, aplica solo para 5 países. Durante los primeros 7 meses de servicio del SSC, se han recibido 328 órdenes, de las cuales 132 corresponden a países interconectados a través de la Interface del ERP AX Dynamics.

En una hoja A4, se pueden incluir hasta 11 líneas de pedido. De media cada orden recibida por el SSC contiene 4,6 líneas. Por ende cada orden de compra emplearía una (1) hoja. Así mismo por cada hoja de orden de compra, se estima que se emplea una (1) hoja adicional para la confirmación del pedido y una hoja (1) para la facturación.

Dado que estas tres actividades, lanzamiento, confirmación y facturación, se realiza virtualmente se puede percibir una reducción en el número de hojas de papel empleadas para la labor de compra.

Ahorro papel SSC= # órdenes recibidas*# hojas por orden*
hojas ahorradas (1 hoja lanzamiento+1 hoja confirmación+1 hoja facturación)

Ahorro papel SSC = 132 *1* 3 = 396 hojas.

El impacto en la reducción del consumo de papel es bajo, pero cabe destacar que es un beneficio colateral de la implantación de este proyecto y que no requiere inversión adicional para generar este ahorro. Con la integración de nuevas familias de productos, se incrementará el volumen de órdenes y por ende la reducción en el consumo de papel.

Respecto al manejo del almacén, actividades de manutención y transporte, el operador logístico contratado para estas labores no cuenta con indicadores ambientales claros y definidos. En el capítulo 8 de Extensiones página 50, se propone la creación de los mismos.

No obstante, se pueden considerar 3 aspectos que influyen en el incremento o disminución de las emisiones de dióxido de carbono tonelada/kilometro (Kohn 2005):

- **El efecto de las entregas de emergencia**

El nivel de servicio del transporte acordado con el operador logístico, es de un máximo de tiempo tránsito de tres días para cualquier destino europeo. Con esta política de transporte y la alta disponibilidad de piezas en el almacén central, las entregas de emergencia durante los primeros 7 meses ha sido 1 sobre el total de las 328 órdenes recibidas. De acuerdo con Abrahamsson (1992), la reducción en las entregas de emergencia es una consecuencia directa de la centralización y que afecta positivamente a las emisiones de dióxido de carbono, ya que, por lo general las entregas de emergencia se realizan en avión, el modo de transporte que causa gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono por tonelada/kilometro en comparación con el transporte terrestre (Lenner, 1993; NTM, 2005).

- **El efecto de centralizar el almacén y el efecto de transportes multimodales**

Al centralizar el almacén se espera un incremento en las emisiones de dióxido de carbono por tonelada/kilometro debido al aumento en las distancias recorridas. Adicionalmente este incremento no se puede contrarrestar con el uso de modos ambientalmente amigables como lo es el tren o el barco, ya que los principales nodos de origen y destino están ubicados en zonas continentales y vía tren incrementaría el tiempo de tránsito.

Blinge y Lumsden (1996) analizan como el impacto de las decisiones logísticas tomadas en un nivel repercuten en los niveles posteriores. Desarrollaron un marco de impacto de mejoras Internas y Externas.

- Mejoras Internas

En esta categoría se incluyen cuatro (4) tipos de mejoras:

1. Técnicas
2. Viales
3. Transporte multimodal
4. Tipo de combustible en los vehículos

Ninguna de las anteriores son aplicables a este proyecto.

- Mejoras Externas

En esta categoría se incluyen seis (5) tipos de mejoras:

1. Consolidación

2. Retorno (backhaul)
3. Ruteo
4. Manutención y empaque
5. Comportamiento de conducción

De estas 5 categorías, solo se puede influir en una (1), manutención y empaque. Diariamente las órdenes recibidas en el mismo día son enviadas para su preparación al operador logístico a las 14:00. Ellos han destinado este tiempo para los pedidos provenientes de Gunnebo AB, optimizando los movimientos en el almacén. Respecto al empaque se cuenta con embalaje de varios tamaños, buscando siempre optimizar el espacio, utilizando cajas de cartón reciclado y materiales protectores amigables con el medio ambiente, como lo es el papel reciclado rasgado y bolsas de aire.

8. EXTENSIONES

- **Obtener información técnica referente a averías**

Al incluir las familias de SafePay y SafeStoreAuto, se solicitó información técnica de las piezas de recambio tanto a los gerentes del producto como a las fábricas. Esta información incluye:

- Número total de la base instalada o productos vendidos por año, cliente y lugar de instalación.
- Teórico e Histórico MTBF (por sus siglas en ingles Mean Time Between Failure) de las piezas más importantes.
- Superseeded/Percent Superseeded. Las piezas descontinuadas son reemplazadas por otra referencia. Con esta información es posible prever su demanda teórica.

Con esta información la generación de una previsión tendrá una mayor fiabilidad y precisión. Actualmente se genera la previsión con base en las ventas históricas, sin poder prever fallas futuras de los equipos. Con el inventario de base instalada y el tiempo medio entre fallos, se generará una previsión de la demanda de piezas de recambio desde el punto de vista técnico y operativo.

- **Implementar mejoras y aumentar el rendimiento de la "Tool V2"**
  - Implementar las mejoras a la "Tool V1", planteadas en este trabajo (inclusión de costes de almacenamiento, de lanzamiento y cálculo del lote óptimo de compra).
  - Microsoft Excel tiene un complemento llamado PowerPivot, herramienta potente para realizar análisis y creación de modelos de datos. Permite usar grandes volúmenes de datos con diferentes orígenes, sin emplear grandes recursos computacionales, generando procesos más rápidos y aumentando la fiabilidad de no perder datos por bloqueo del sistema.

Actualmente la "Tool V1", no permite realizar actividades en el ordenador paralelamente mientras se está iterando, ya que realiza cálculos con información que se obtiene del servidor SQL y datos calculados, por lo que consume altos recursos computacionales y su probabilidad de colapso es alta. Al emplear PowerPivot, se incrementará la velocidad de cálculo, ya que se pre filtran los reportes del servidor SQL, requiriendo menos recursos computacionales y la probabilidad de colapso se reduce.

- **Utilizar alisado exponencial para actualizar las previsiones**

Ante la obtención de nuevos datos históricos, es preciso plantear un método para la inclusión de los mismos en los cálculos de la estimación de la demanda. Para calcular la demanda mensual, se realiza una ponderación de la demanda histórica. Para los productos de mayor rotación, A++, A y B, se realiza una regresión lineal tal como se explica en el punto 4.3.1 página 26. Para estas SKU´s emplear el método de alisado exponencial para la inclusión de nuevos datos, dará mayor peso a datos recientes, generando una previsión más exacta, ya que tiene en cuenta la tendencia de demanda de periodos recientes.

- **Gestionar el flujo de piezas rotas a proveedor (logística inversa)**

El actual modelo de gestión del SSC, no contempla el servicio de recolección de piezas rotas que se deben enviar al proveedor para ser reparadas. Se requiere implementar un modelo de gestión que contemple:

  - Inspección de la pieza en aras de reducir NFF (No Fault Found). Son piezas que son enviadas al proveedor pero su reparación consiste en ser limpiadas y reajustadas. Actividades no técnicas y de posible ejecución in situ.
  - Recolección y centralización el stock a ser reparado, generando lotes de piezas, en aras de optimizar el transporte y el control de los tiempos y costes de reparación por parte del proveedor.
  - Reducción de las labores administrativas de las SC. Cálculo de un *Rebate Fee* (valor de compra por cada pieza rota enviada a reparación) por cada pieza enviada por las SC. De esta forma se reduce el stock en local, ya que no tendrán que esperar el lead time de reparación, simplemente, entregarán la pieza rota al SSC, recibirán el *Rebate Fee* y lanzarán una orden de compra regular al SSC. El stock de piezas del SSC estará conformado por piezas reparadas y nuevas.
  - Control de la cantidad de veces que una pieza se puede reparar, a través del número de serie de cada pieza, esto antes de ser enviadas a reparación en el proveedor. Estas restricciones son de orden técnico y financiero, no incrementar el coste de una pieza ya depreciada.

- **Generar indicadores de gestión ambiental en el almacén 3PL (Third-party logistic)**

Actualmente no se cuentan con indicadores claves de desempeño en materia ambiental. El operador logístico quien administra el almacén y realiza la contratación del transporte, debe medir su impacto ambiental y las políticas de gestión para mitigar el mismo.

CONCLUSIONES

- Con la creación del catálogo de piezas de recambio, el diseño e implementación de la herramienta "Tool V1" se cumple con el objetivo marcado en el presente trabajo y se valida el proyecto piloto. Se está en condiciones de incorporar nuevas familias de productos.

- La creación del catálogo piezas de recambio ha sido laboriosa y se propone mejorarlo, incorporando información, hasta el momento no disponible, como la tasa de averías en relación con la edad del producto, esto en aras de visualizarse en escenarios de demandas futuras e incrementar la exactitud de las previsiones.

- Los modelos de previsión básicos, para las 2 familias de productos agrupadas dan resultados satisfactorios. Al desagregar los datos, el comportamiento de SafePay no cumple con las condiciones mínimas para ser considerado un modelo robusto y de alta confiabilidad. Deberá ser sujeto de estudio/mejora.

- Los modelos de posesión de stock utilizados en la herramienta "Tool V1" han contribuido a una gestión satisfactoria del Spare Service Center, reduciendo el stock en las SC y el lead time e incrementando el nivel de servicio.

- Al implementarse la herramienta "Tool V2" se incrementará la fiabilidad en las previsiones de la demanda y se optimizará la gestión de stock de piezas de recambio en el Spare Service Center.

- Gunnebo AB al emplear un ERP con una suite de gestión de inventarios poco robusta, debe invertir en herramientas DSS y continuamente mejorarlas, en aras de que los planificadores de la demanda, tanto de piezas de recambio como producto final, realicen una gestión de stock eficiente y eficaz, cumpliendo con los niveles de servicio y restricciones financieras exigidos por la organización.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Anna Coves, tutora de este trabajo, quien gracias a su gran experiencia y conocimiento, fue indispensable en la realización de este proyecto.

A la Ing. Carmen Javierre, Head of Spare Parts Management en Gunnebo AB, por darme la oportunidad de aprender junto a ella día a día.

Por último pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia, por su apoyo constante e incondicional y a Bobby por estar a mi lado.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrahamsson, M. (1992). Time Controlled Direct Distribution. Driving forces and Logistic Competitive Advantages with Centralized warehousing of Industrial goods., Linköping Studies in Management and Economics, Dissertation No.21, Linköpings Universitet, Sweden

- Blinge, M. & Lumsden, K. (1996). Total Environmental Impact from the Freight Transportation Sector – ASystems Perspective, Meddelande 92, Transportteknik, Chalmers University of Technology, Sweden

- Companys R. P., Corominas A. S. (1995). Organización de la Producción II: Dirección de Operaciones 1 y 3. Primera Edición. Edicions UPC

- Lee, H. L., Padmanabhan, V, Whang, S. (1997a). Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. Management Science, 43 (4) 546-558

- Makridakis S., Wheelwrigth S. C. (1998). Métodos de Pronósticos. Primera Edición. Limusa Noriega Editores.

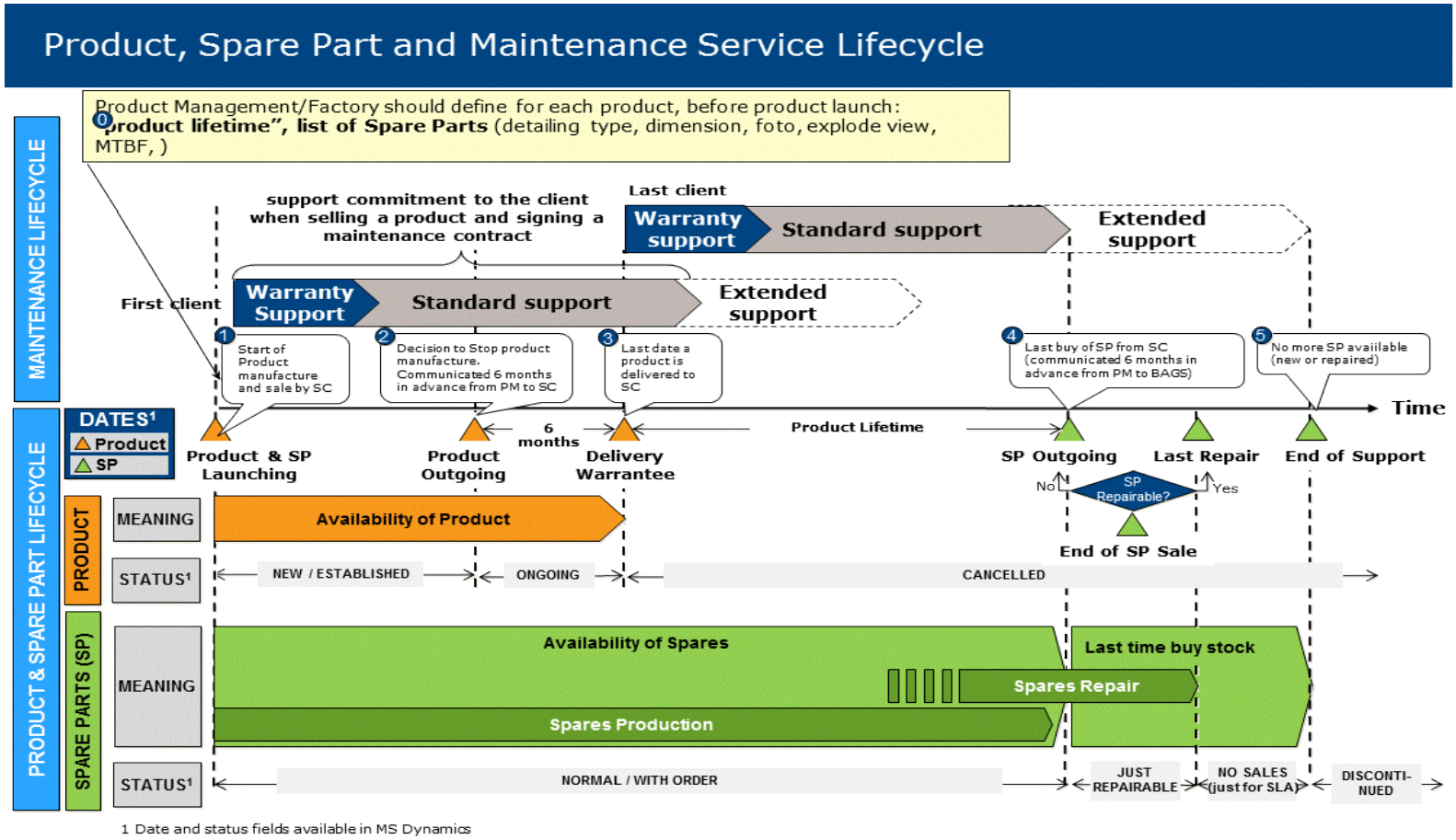
- Quian T., Philip J. C. (1996). Worst Case Analysis of Forward Wagner Whitin Algorithm with Rolling Horizons. Dpt. Of Management Sciences College of Bussiness Administration. The University of Iowa.

- SAP AG. SAP Help Portal [en línea] <http://help.sap.com/scm> [Consulta: 7 de enero de 2013]

- Silver E. A., Pyke D. F., Peterson R. (1998). Inventory Management and Production Planning and Scheduling, Third Edition. John Wiley & Sons

ANEXOS

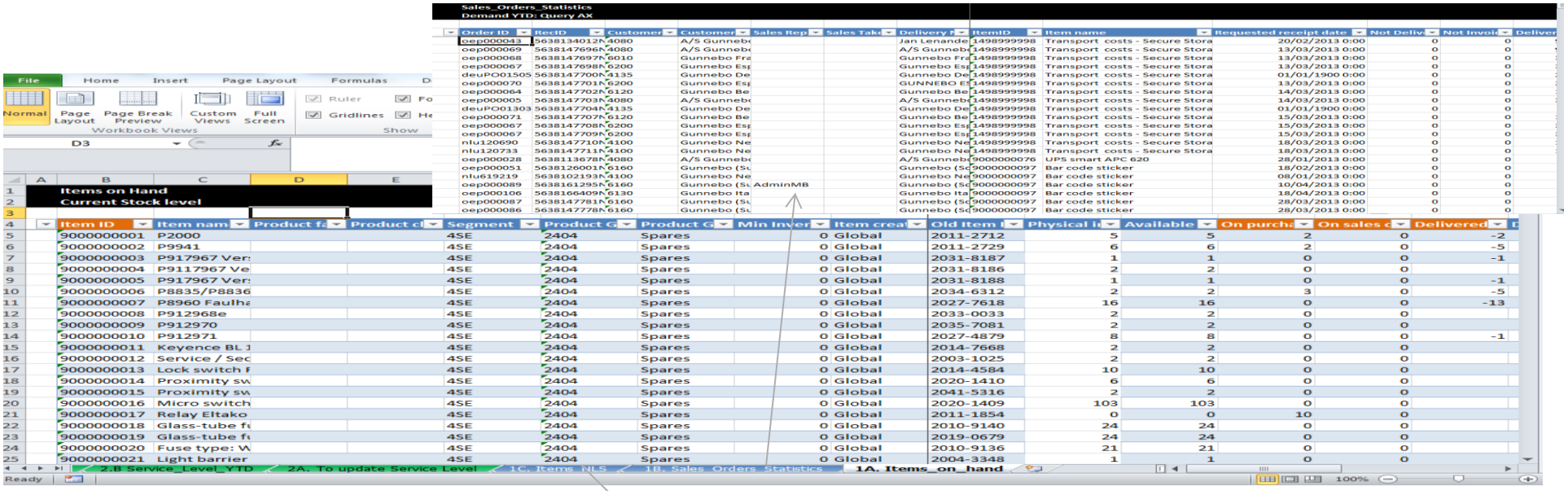
Anexo A. Ciclo de vida producto

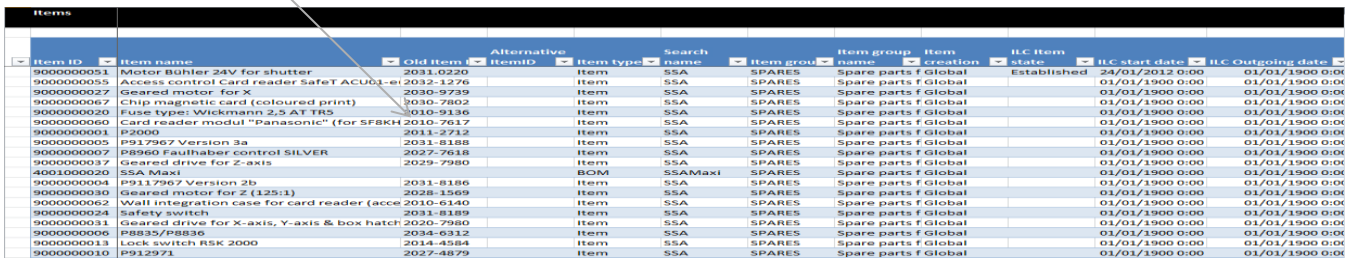


1 Date and status fields available in MS Dynamics

Anexo B. Imágenes herramienta de cálculo “Tool V1”

Anexo B1. Descargar los reportes denominados de *Input*, pegarlos como valores. Se copiaran como caracteres no numéricos, ya que con este formato se extraen desde el servidor SQL y convertirlos en números demandaría gran cantidad de recursos del ordenador.





Anexo C1. Las tres siguientes pestañas son empleadas para obtener los datos necesarios para calcular el nivel de servicio. La clasificación ABC se revisa trimestralmente y se actualiza en el ERP, aunque en cada iteración se calcula automáticamente una vez se incluyen los reportes. Para el cálculo del nivel óptimo de stock se usa la información del ERP.

Service Level YTD

2. Always "Sort largest to smallest" and Check A++

4. Calculate the sum of Demand

1. Copy from "To update Service Level"

	Item ID	Demand YTD: annual	Aggregate initial	YTD ABC	Total Demar	% Demand	emand (Unit	# SKU	% SKU	ABC	Service Leve	K
					14982		8196					
5	9080000174	896,00		A++	2046,00			3		A++	99%	2,91
6	9080000468	600,00		A++	4070,67	50%	4098	24	35,82%	A	99%	2,91
7	9080000469	550,00		A++	2433,33	80%	6557	43	64,18%	B	95%	2,56
8	9080000186	496,00	496,00	A	0,00	95%	7786	0	0,00%	C	95%	2,06
9	9080000076	385,00	881,00	A	0,00	99%	8114	0	0,00%	D	80%	1,05
10	9000000091	283,00	1164,00	A	0,00	100%	8196	0	0,00%	E	50%	0
11	9080000402	235,00	1399,00	A					0,00%	x	0%	0
12	9080000150	225,00	1624,00	A								
13	9080000035	160,00	1784,00	A								
14	9080000168	196,00	1980,00	A								
15	9080000093	192,00	2172,00	A								
16	9080000187	160,00	2332,00	A								
17	9080000269	140,00	2472,00	A								
18	9000000085	144,67	2616,67	A								
19	9080000018	157,00	2773,67	A								
20	9080000155	80,00	2853,67	A								
21	9080000038	92,00	2945,67	A								

3B. Tool_Purchasing_Orders | 3A. Tool_Smin&Smax | Demand | Service_Level | 2.B Service_Level_YTD | 2A. To update Service Level | 1C. Ite

Anexo D1. La siguiente pestaña denominada *Demand* define el consumo mensual de cada pieza, tal como se explicó en el presente trabajo. De igual manera, se analiza la desviación de ventas que sufre esta SKU´s.

P8 =((E8/12)*0,2+(F8/12)*0,3+(M8/12)*0,45+O8*0,05)

Demand 2011-YTD
[2011 - 2012] from an Excel File and [2013] from AX (Sales Orders Statistics)
Running Days 144
SSC 30/11/2012
TODAY 23/04/2013

			2011	2012	Average CA		Since SSC				Last 12 months		Last month	Demand	Initial Δ Demand	% D
Item ID	Item name	YTD AB	Annual	Annual	Annual	Monthly	Acumulated	Monthly	Deviation	Months of stock	Demand YTD: annua	Demand YTD: month	Monthly	Monthly	Monthly	M
9080000408	BAG CTU, SAFEPAY TRANSPARENT (5	C	2	28	15	1,3	4504,00	938,3	75067%	750,7	4519,00	376,58	0	170,20	178,33	1
9080000407	CTU Bag (500 pcs)	C	0	22	11	0,9	0,00	0,0	0%	0,0	21,00	1,75	0	1,34	0,85	6
9080000186	New Pocket Assy	A	540	42	291	24,3	496,00	103,3	426%	4,3	496,00	41,33	112	34,25	45,86	1
9080000174	Sensor NTA NDM Assy	A++	1310	650	980	81,7	546,00	113,8	139%	1,4	896,00	74,67	80	75,68	11,54	1
9000000064	Customer and master card (colour	x	400	2042	1221	101,8	0,00	0,0	0%	0,0	1361,33	113,44	0	108,77	71,10	6
9080000468	BELT N SBR 0,65X10X474	A++	465	650	557,5	46,5	300,00	62,5	135%	1,3	600,00	50,00	10	47,00	20,41	4
9080000469	CLIP SR5i	A++	0	100	50	4,2	450	93,8	2250%	22,5	550,00	45,83	60	26,13	22,60	8
9000000063	Customer and master card (black p	x	2447	990	1718,5	143,2	55,00	11,5	8%	0,1	715,00	59,58	50	94,85	20,58	2
9080000187	Pocket Note Assy 2009	A	231	231	231	19,3	160,00	33,3	173%	1,7	160,00	13,33	0	15,63	8,40	5
9080000093	COLLECTING TUBE MYLAR	A	320	1096	708	59,0	0,00	0,0	0%	0,0	192,00	16,00	0	39,93	39,88	9
9080000155	Cable NV-4 IO	A	20	610	315	26,3	10,00	2,1	8%	0,1	80,00	6,67	0	18,58	22,56	1
9080000402	Connection Board NV4.PRT	A	0	440	220	18,3	55,00	11,5	63%	0,6	235,00	19,58	20	20,81	8,28	3
9080000112	CR Jam Pin New	B	20	20	20	1,7	50	10,4	625%	6,3	50,00	4,17	0	2,71	1,75	6
9000000091	Lock standard (Grey plastic box)	A	525	336	430,5	35,9	59,00	12,3	34%	0,3	283,00	23,58	8	28,16	9,53	3
9080000168	NV4 READER MODULE incl Cable	A	316	182	249	20,8	89,00	18,5	89%	0,9	196,00	16,33	5	17,42	5,73	3
9080000203	Cover Module NR Light Blue	A	161	58	109,5	9,1	83,00	17,3	189%	1,9	107,00	8,92	10	8,65	2,25	2
9080000150	Pocket In Out Assy	A	65	117	91	7,6	153,00	31,9	420%	4,2	225,00	18,75	19	13,40	4,47	3
9080000022	SR5I Euro	A	59	62	60,5	5,0	69	14,4	285%	2,9	106,00	8,83	6	6,81	1,57	2
9080000043	Quick Change Conversion kit NOK 1	A	210	240	225	18,8	80,00	16,7	89%	0,9	150,00	12,50	40	17,13	12,13	7
9000000085	Box size 1 (grey metal box)	A	3	190	96,5	8,0	18,00	3,8	47%	0,5	144,67	12,06	9	10,68	2,91	2
9080000035	Quick Change Conversion kit DKK 2	A	80	210	145	12,1	20,00	4,2	34%	0,3	160,00	13,33	0	12,58	7,55	6
9080000423	SWEEP FRONT, DU FRONT	B	14	70	42	3,5	25,00	5,2	149%	1,5	95,00	7,92	1	5,60	2,92	5

3B. Tool Purchasing Orders | 3A. Tool Smin&Smax | Demand | Service_Level | 2.B Service_Level_YTD | 2A. To update Service Level | 1C. Tool

Ready 601 of 602 records found 80%

Anexo E1. Las siguientes pestaña, *3A. Tool_Smin&max* calcula los niveles de stock mínimos, máximos y de seguridad. De igual manera, cuantifica el stock en dinero, tomando como base el coste de inventario.

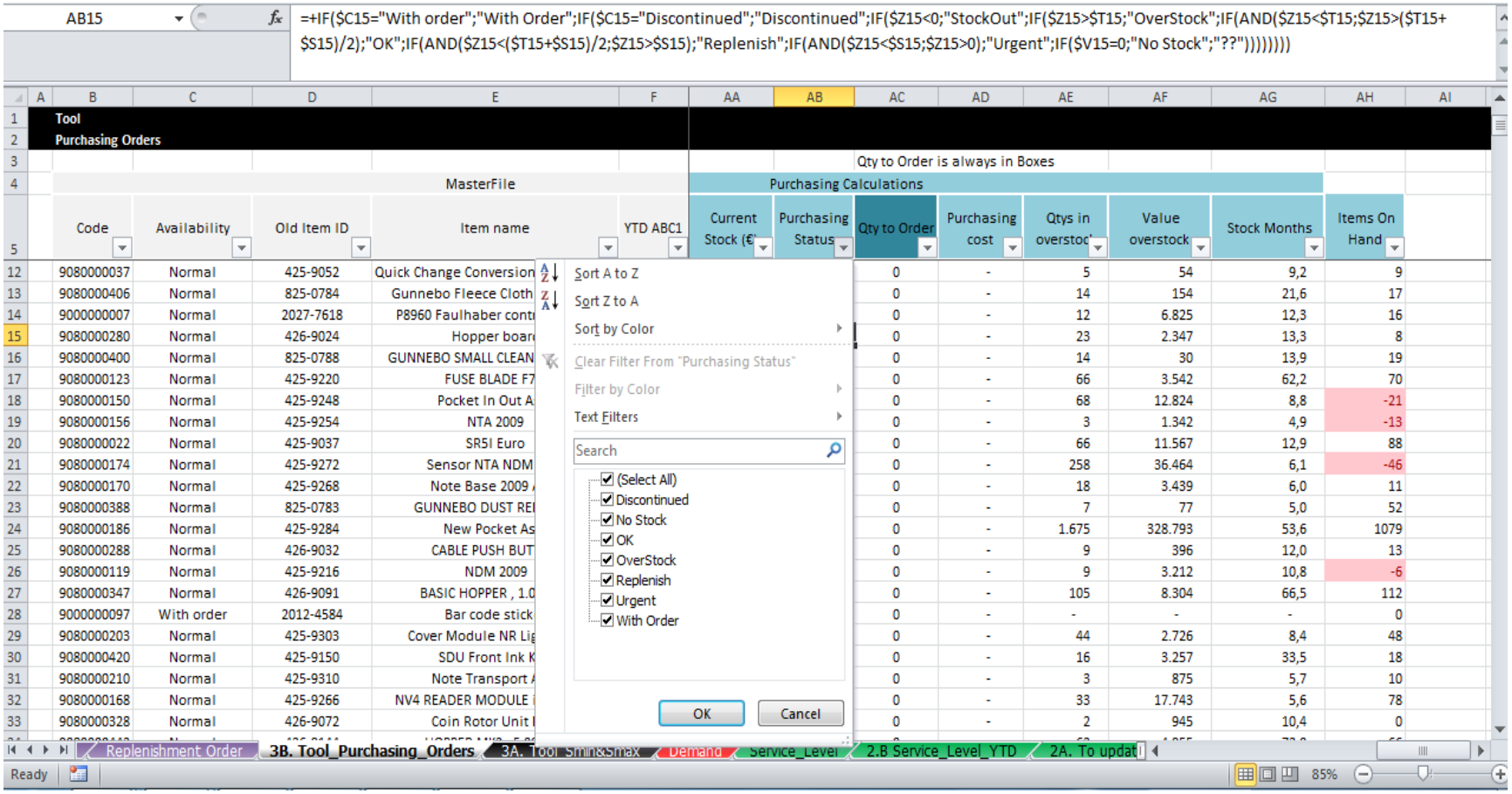
Tool

3																Months		
4																2,0		
5				MasterFile			Smin - Smax Calculation											
6	Code	Availability	Old Item I	Item name	Purch Unit factor	YTD ABC1	Theorical SL	Real SL	Δ LeadTime	Demand	Final Δ Demand	Theorical K	Real K	Theorical Smin	Theorical Smin €	Theorical Smax	Theorical Ssec	Final Smin
15	9,08E+09	Normal	25-072	U, SAFEPAY TRANSPARENT (5	1	C	99%	95%	1	170,20	85,10	2,91	2,06	398,1	110290,1	796,2	239,2	328,2
16	9,08E+09	Normal	25-029	CTU Bag (500 pcs)	0,002	C	99%	95%	1	1,34	0,67	2,91	2,06	3,1	938,5	6,3	1,9	2,6
17	9,08E+09	Normal	25-928	New Pocket Assy	0,047619	A	99%	99%	1	34,25	17,13	2,91	2,91	80,1	15727,3	160,2	48,1	80,1
18	9,08E+09	Normal	25-927	Sensor NTA NDM Assy	0,1	A++	99%	99%	1	75,68	11,54	2,91	2,91	103,1	14579,6	206,2	32,4	103,1
19	9,08E+09	Normal	26-917	CLIP SR5i	0,05	A++	99%	99%	1	26,13	13,06	2,91	2,91	61,1	4284,8	122,2	36,7	61,1
20	9,08E+09	Normal	25-960	BELT N SBR 0,65X10X474	0,1	A++	99%	99%	1	47,00	20,41	2,91	2,91	101,2	13761,3	202,5	57,4	101,2
21	9,08E+09	Normal	25-928	Pocket Note Assy 2009	0,047619	A	99%	99%	1	15,63	7,81	2,91	2,91	36,5	5025,9	73,1	22,0	36,5
22	9,08E+09	Normal	25-910	COLLECTING TUBE MYLAR	0,125	A	99%	99%	1	39,93	19,97	2,91	2,91	93,4	826,6	186,8	56,1	93,4
23	9,08E+09	Normal	25-925	Cable NV-4 IO	0,2	A	99%	99%	1	18,58	9,29	2,91	2,91	43,5	1876,0	86,9	26,1	43,5
24	9,08E+09	Normal	25-960	Connection Board NV4.PRT	0,1	A	99%	99%	1	20,81	8,28	2,91	2,91	42,7	11520,1	85,4	23,3	42,7
25	9,08E+09	Normal	25-912	CR Jam Pin New	0,1	B	80%	95%	1	2,71	1,35	1,05	2,56	3,9	208,8	7,8	1,4	5,9
26	9,08E+09	Normal	25-930	Cover Module NR Light Blue	0	A	99%	99%	1	8,65	2,25	2,91	2,91	14,4	888,8	28,8	6,3	14,4
27	9,08E+09	Normal	25-903	SR5I Euro	0	A	95%	99%	1	6,81	1,57	2,56	2,91	10,2	1782,2	20,5	3,9	10,8
28	9,08E+09	Normal	25-905	hange Conversion kit NOK 1.	0	A	95%	99%	1	17,13	8,56	2,56	2,91	37,2	381,6	74,3	21,2	40,1
29	9,08E+09	Normal	25-924	Pocket In Out Assy	0	A	95%	99%	1	13,40	4,47	2,56	2,91	23,6	4453,6	47,1	11,1	25,1
30	9,08E+09	Normal	25-905	Change Conversion kit DKK	0	A	95%	99%	1	12,58	6,29	2,56	2,91	27,3	280,4	54,6	15,6	29,4
31	9,08E+09	Normal	25-915	SWEEP FRONT, DU FRONT	0,2	B	95%	95%	1	5,60	2,80	2,06	2,56	10,8	1362,0	21,6	5,6	12,1
32	9,08E+09	Normal	25-926	V4 READER MODULE incl Cab	0	A	95%	99%	1	17,42	5,73	2,56	2,91	30,4	16213,6	60,8	14,2	32,4
33	9,08E+09	Normal	25-909	Pay Out Bowl	0,2	A	95%	99%	1	27,71	7,50	2,56	2,91	44,4	958,3	88,8	18,5	46,9
34	9,08E+09	Normal	25-926	Interface Board NV-4	0	B	95%	95%	1	7,13	2,57	2,56	2,56	13,0	998,1	26,0	6,4	13,0

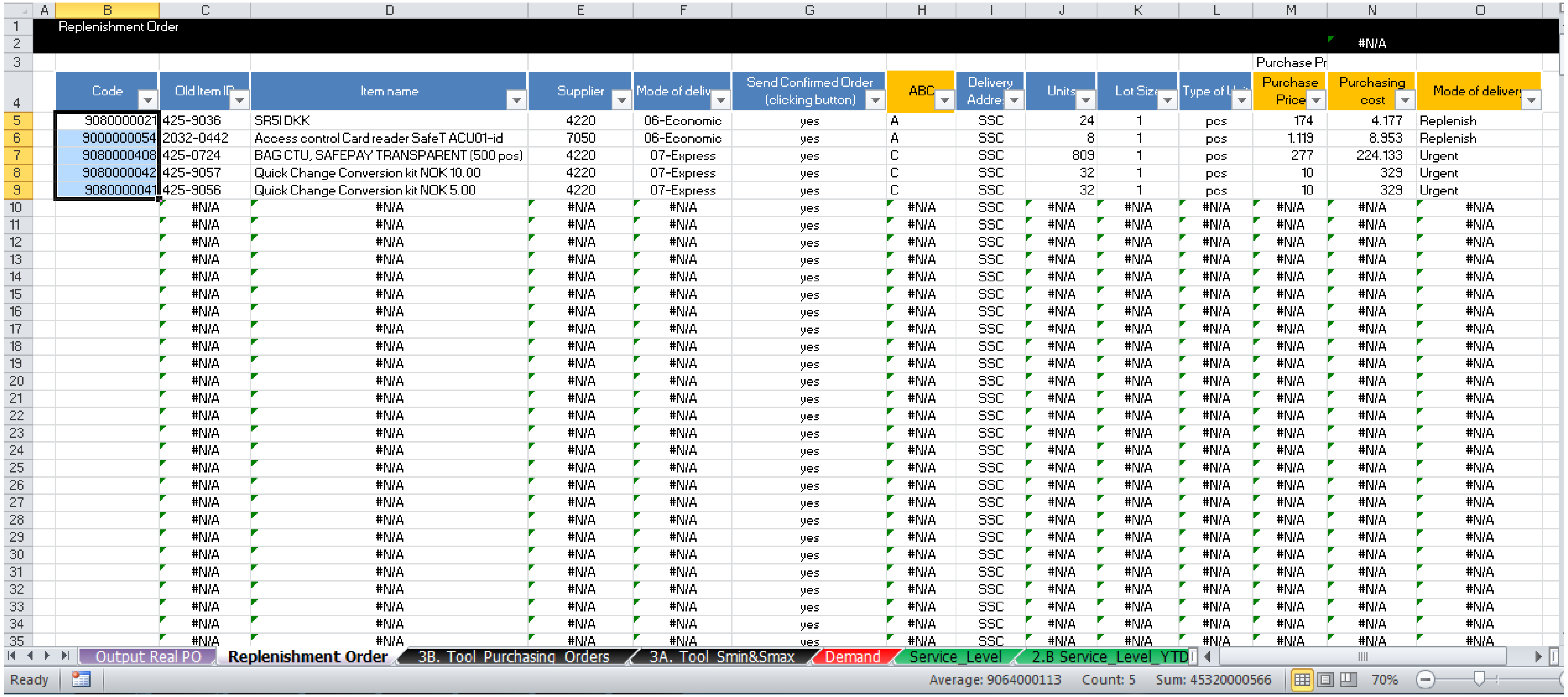
Replenishment Order | 3B. Tool Purchasing Orders | 3A. Tool_Smin&Smax | Demand | Service_Level | 2.B Service_Level_YTD | 2A. To updat

Ready 80%

Anexo F1. La pestaña *3B. Tool_Purchasing_Orders* analiza los niveles de stock óptimos, el nivel actual y las ordenes de ventas, generando las cantidades a comprar y con funciones lógicas se categorizan, de esta forma se seleccionará el nivel de servicio del transporte deseado. Si el *Purchasing Status* es *Urgent*, el transporte seleccionado será *Express*.



Anexo G1. En la siguiente pestaña de nombre *Replenishment Order*, en la primera columna llamada *Code*, se deben pegar los códigos de las piezas previamente seleccionadas en la anterior pestaña, según el criterio de compra. Al pegarlas como valores, las demás casillas buscarán información de todas las hojas y las integrarán en esta tabla.



	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Replenishment Order													
2													#N/A	
3												Purchase Pr		
4	Code	Old Item I	Item name	Supplier	Mode of deliv	Send Confirmed Order (clicking button)	ABC	Delivery Addre	Units	Lot Siz	Type of U	Purchase Price	Purchasing cost	Mode of deliver
5	9080000021	425-9036	SR5I DKK	4220	06-Economic	yes	A	SSC	24	1	pcs	174	4.177	Replenish
6	9000000054	2032-0442	Access control Card reader SafeT ACU01-id	7050	06-Economic	yes	A	SSC	8	1	pcs	1.119	8.953	Replenish
7	9080000408	425-0724	BAG CTU, SAFEPAY TRANSPARENT (500 pcs)	4220	07-Express	yes	C	SSC	809	1	pcs	277	224.133	Urgent
8	9080000042	425-9057	Quick Change Conversion kit NOK 10.00	4220	07-Express	yes	C	SSC	32	1	pcs	10	329	Urgent
9	9080000041	425-9056	Quick Change Conversion kit NOK 5.00	4220	07-Express	yes	C	SSC	32	1	pcs	10	329	Urgent
10		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
11		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
12		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
13		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
14		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
15		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
16		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
17		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
18		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
19		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
20		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
21		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
22		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
23		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
24		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
25		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
26		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
27		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
28		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
29		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
30		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
31		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
32		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
33		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
34		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
35		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	yes	#N/A	SSC	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

Anexo C. Segregación datos por familia de productos

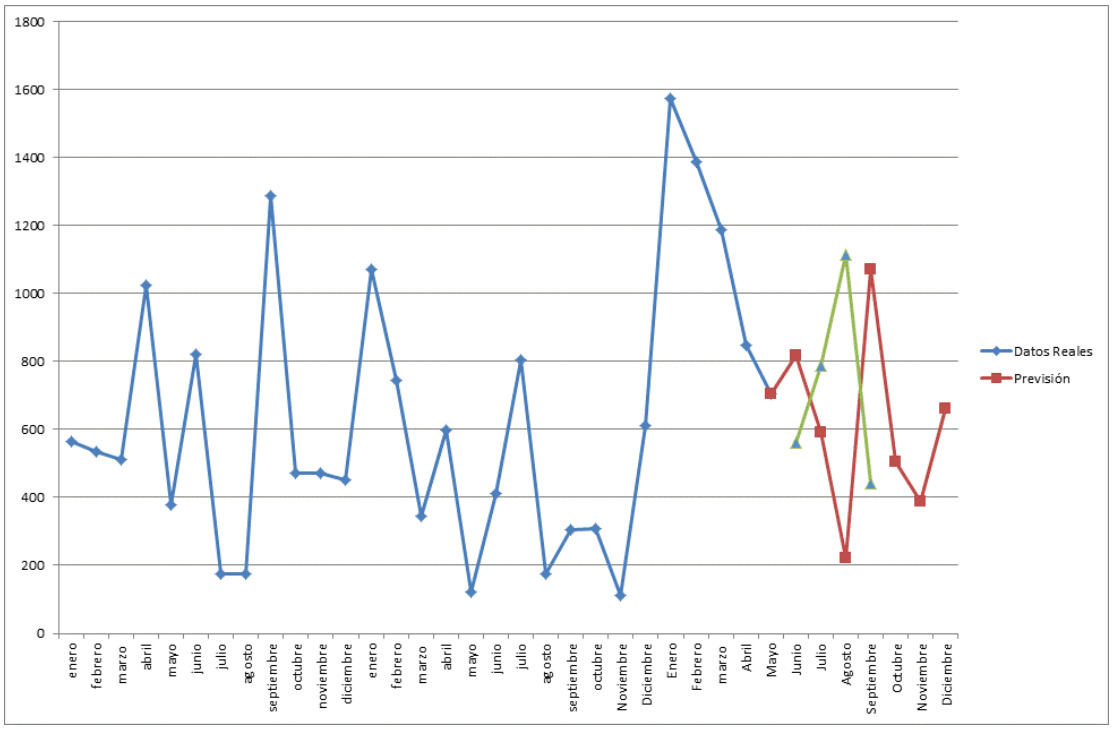
Si se segregan los datos por cada producto obtenemos la siguiente información:

SafePay

Al generar la previsión de ventas de la familia de piezas de recambio de SafePay, el modelo no es muy robusto, con una raíz de variabilidad de 0,09. Este valor tan bajo podría sugerir que el modelo escogido para la generación de la previsión no fue el más adecuado. Aun así, al aplicar un *Modelo con tendencia lineal, estacionalidad aditiva*, se obtiene un R^2 de 0,12, siendo la mejora relativa y poco significativa, ya que los valores obtenidos de la previsión distan mucho más de la realidad que los del *Modelo con tendencia lineal, estacionalidad multiplicativa*.

Al observar la gráfica C.1, se puede apreciar que el pico de ventas previsto para septiembre se realizó en agosto. Analizando aspectos organizacionales endógenos a las fallas de la maquinaria instalada, en años anteriores durante el mes de agosto la fábrica de SafePay cierra por vacaciones, desplazando la demanda hacia septiembre. Para este año, el SSC no cerró en agosto, recibiendo las órdenes que se podrían haber lanzado en el mes siguiente. En la tabla C.1 se cuantifica el error en la previsión, pero se ha de tener en cuenta lo anteriormente expuesto.

Gráfica C.1. Ventas históricas y Previsión SafePay



Fuente: elaboración propia

Tabla C.1. Coeficientes Mensuales SafePay

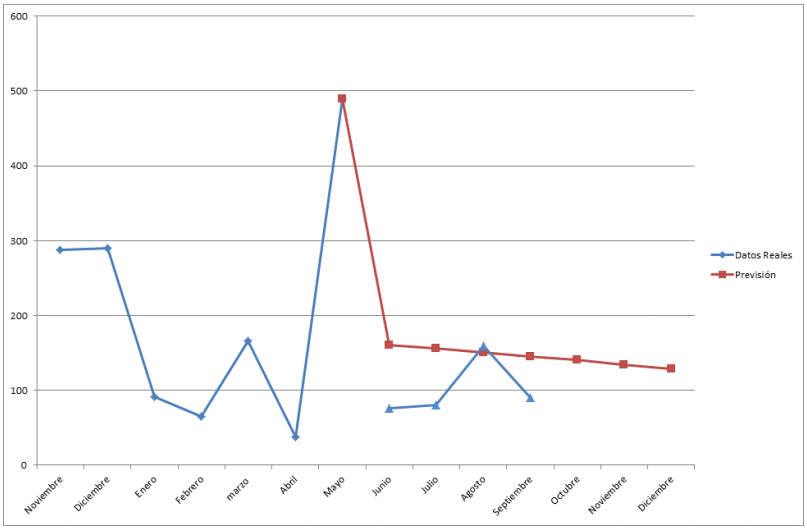
Mes	T	X(t)	Valores reales	% Error Previsión
Junio	30	816,7730974	562	31%
Julio	31	591,5990523	787	33%
Agosto	32	222,870778	1115	400%
Septiembre	33	1069,82097	442	59%
Octubre	34	505,2528384		
Noviembre	35	387,5977975		
Diciembre	36	661,7362533		
Enero	37	1404,604184		
Febrero	38	1163,455484		
Marzo	39	889,7014944		
Abril	40	1148,876325		
Mayo	41	526,6839144		
TOTAL		**9388,97**		

Fuente: elaboración propia

SSA

Las previsiones de las piezas de recambio para el producto SSA, en su segunda iteración empleando el modelo *estacional multiplicativo*, generan un R^2 de 0,53. Si se generan las provisiones usando un modelo *estacional aditivo*, en su segunda iteración se obtiene un R^2 de 0,48, con lo cual el modelo multiplicativo se ajusta más a la realidad. Tal como se observa en la gráfica C.2 y la tabla C.2, la desviación durante los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre fue en promedio de un 36%.

Gráfica C.2. Ventas históricas y previsión SSA



Fuente: elaboración propia

Tabla C.2. Coeficientes Mensuales SafeStoreAuto

Mes	T	X(t)	Valores reales	% Error Previsión
Junio	30	160,1829599	76	53%
Julio	31	155,7202444	80	49%
Agosto	32	150,9894156	160	6%
Septiembre	33	145,6886107	90	38%
Octubre	34	140,5319241		
Noviembre	35	134,6542621		
Diciembre	36	129,2253438		
Enero	37	70,94490544		
Febrero	38	62,3828452		
Marzo	39	71,87081322		
Abril	40	49,12197244		
Mayo	41	98,62165053		
TOTAL		**1369,93**		

Fuente: elaboración propia